



Atlas Éolien Européen

Troen, Ib; Lundtang Petersen, Erik

Publication date:
1991

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

Citation (APA):
Troen, I., & Lundtang Petersen, E. (1991). *Atlas Éolien Européen*. Risø National Laboratory. Meteorology and Wind Energy Department.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Atlas Éolien Européen

Meteorology and Wind Energy Department
Risø National Laboratory
P.O. Box 49
DK-4000 Roskilde
Denmark

Phone +45 42 37 12 12
Telex 43 116
Telefax +45 46 75 56 19

COMMISSION DE LA COMMUNAUTE
EUROPENNE

ATLAS ÉOLIEN EUROPÉEN

Ib Troen et Erik Lundtang Petersen



Publié pour la Commission de la Communauté Européenne
Directorat Général pour la Science, la Recherche et le Développement
Bruxelles, Belgique

Par le Laboratoire National de Risø, Roskilde, Danemark

Atlas Eolien Européen

Copyright © 1991 Laboratoire National de Risø.

Tous droits réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ou stockée dans aucun système de restitution ou transmise sous une forme quelconque ou par quelque procédé que ce soit, sans le consentement et l'autorisation écrite du Laboratoire National de Risø. La disquette jointe au document ne peut être copiée que pour des besoins de backup.

NOTICE LEGALE

Ni la Commission de la Communauté Européenne, ni le Laboratoire National de Risø, ni aucune personne opérant pour le compte de la Commission ou de Risø ne sont responsables de l'utilisation qui pourrait être faite des informations présentées dans cette publication.

Coordonné par Niels G. Mortensen

Traduit par Rabah Hammouche

Couverture conçue par Torben Ebbesen

Dessins artistiques par Søren Rasmussen

Conception typographique par Mogens Arrildt

Imprimé et relié par Jyllinge Bogtrykkeri

ISBN 87-550-1637-5

Imprimé au Danemark

Avant-propos

L'Atlas Eolien Européen constitue l'aboutissement essentiel des efforts fournis par la Communauté Européenne tout entière pour promouvoir le marché de la production d'électricité à partir de l'énergie éolienne et de développer les différents systèmes et technologies qui lui sont associés.

Cet Atlas vient compléter les nombreux Atlas nationaux précédemment publiés et deviendra sans aucun doute l'outil principal de planification dans le domaine de l'énergie éolienne au sein de la Communauté Européenne. Les informations contenues dans ce nouvel Atlas sont présentées sous une forme beaucoup plus compréhensible que celles qui ont été précédemment publiées. De plus, cet Atlas donne pour la première fois une vue générale cohérente de l'ensemble des pays de la Communauté Européenne, sans oublier les régions caractérisées par une topographie complexe pour lesquelles des logiciels fiables ont été spécialement développés.

La réalisation de cet Atlas constitue un exemple remarquable de coopération européenne dans le domaine scientifique et technique qui a été constamment encouragé par la Commission de la Communauté Economique Européenne à Bruxelles. Ce travail a été commandité pour la première fois par la Commission Européenne en 1981. Pour la réalisation de l'Atlas, un groupe scientifique composé des services météorologiques nationaux et autres institutions spécialisées a été constitué. Compte-tenu de l'expérience acquise lors de la réalisation de l'Atlas Eolien du Danemark, la Commission de la Communauté Européenne a chargé le Laboratoire National de Risø de coordonner le projet en question. Cette même Commission a également pris en charge l'essentiel des dépenses financières nécessaires. Grâce aux efforts fournis durant plusieurs années par les experts scientifiques et les diverses institutions, il a été possible de mener au mieux ce projet jusqu'à sa conclusion.

Je suis persuadé que tous ceux qui sont intéressés par le développement de l'énergie éolienne en Europe apprécieront cet important travail et bénéficieront des multiples informations qui leur sont ici fournies pour leurs activités futures.

Dr. W. Palz
Chef de la Division du
Développement des énergies renouvelables
Commission de la Communauté Européenne
Bruxelles, Belgique

Table des matières

Avant-propos	5
Résumé	6
Contenu de l'Atlas Eolien	7
Préface et remerciements	12
1 Introduction à l'Atlas Eolien	15
I LA RESSOURCE EOLIENNE	27
2 Les ressources éoliennes d'Europe	29
2.1 La climatologie du vent en Europe	30
2.2 Cartographie des ressources éoliennes	33
2.3 Légende des cartes de ressource éolienne	36
II DETERMINATION DES RESSOURCES EOLIENNES	39
3 Concepts généraux	41
3.1 La rugosité du terrain	42
Longueur de rugosité	42
3.2 Effet d'obstacle	45
3.3 Effet des variations d'altitude du terrain	47
4 Potentiel régional d'énergie éolienne	53
4.1 Utilisation des cartes de ressources éoliennes	53
Zones côtières	56
Régions montagneuses	56
5 Choix des sites	59
5.1 Sélection d'une climatologie du vent pour un site donné	59
5.2 Classification de rugosité et calcul des statistiques d'un site donné .	61
Calcul de la densité de puissance moyenne	62
Calcul des paramètres de Weibull	63
5.3 Calcul des effets d'obstacle	71
5.4 L'orographie	72

6	Production de puissance	79
6.1	Détermination de la production moyenne de puissance	79
6.2	Fonction de densité de puissance	84
6.3	Courbe de durée de puissance	84
6.4	Optimisation de la production de puissance	86
7	Statistiques et climatologie des stations	93
7.1	Description de la station et tableaux statistiques	94
	Description de la station	94
	Résumé des données brutes	94
	Climatologie régionale et valeurs moyennes	95
7.2	Les empreintes climatologiques du vent	95
7.3	Statistiques et climatologie des stations	97
	France	104
	Statistiques des stations de radiosondage	176
III	LES MODELES ET LES ANALYSES	187
8	Le modèle de l'Atlas Eolien	189
8.1	Les bases physiques	189
	Lois de similitude de la couche limite de surface	190
	Loi du frottement géostrophique et vent géostrophique	191
8.2	Le modèle de stabilité	191
8.3	Le modèle de changement de la rugosité	195
8.4	La modélisation des effets d'obstacle	197
8.5	Le modèle orographique	199
8.6	Les bases statistiques	203
	Concepts de base	203
	La distribution de Weibull	206
8.7	Le modèle d'analyse de l'Atlas Eolien	209
8.8	Le modèle d'application de l'Atlas Eolien	211
8.9	Données météorologiques et description des stations	212
	Statistiques des radiosondages	216
8.10	Limitations des données et des modèles	217
9	Vérification de la méthodologie de l'Atlas Eolien	219
9.1	Intercomparaisons des stations	219
9.2	Validation avec de hauts mâts météorologiques	240
10	Références	243
10.1	Publications citées dans l'Atlas	243
10.2	Etudes Climatologiques du vent effectuées en Europe	246
	Références climatologiques du vent par thème et par pays	247
	Liste des publications par pays	249

Annexes	256
A Liste des symboles	257
B Tables auxiliaires	261
C Critères de sélection et questionnaire	273
D Contenu de la disquette	277

Préface et remerciements

L'Atlas Eolien Européen est le résultat d'une recherche relative aux conditions climatiques du vent au sein des pays de la Communauté Economique Européenne.

Le projet de recherche a été conduit de 1981 jusqu'à la date de publication de cet Atlas par les pays de la Communauté, sous le patronage de la Commission de la Communauté Européenne. L'Atlas Eolien fait partie du programme de recherche et de développement dirigé par W. Palz, membre de la Commission.

L'Atlas constitue une tentative de présentation de données climatologiques du vent des pays de la CEE sous une forme consistante et cohérente. Il présente également une méthodologie d'utilisation de ces données pour évaluer les ressources éoliennes. Cet Atlas pourra être complété éventuellement plus tard par d'autres jeux de données et étendu également à d'autres pays.

Le Laboratoire National de Risø (Danemark) a assuré l'entière responsabilité sur la coordination du projet, la réalisation des études théoriques, la modélisation numérique, l'analyse des données et la publication. La responsabilité essentielle des pays participants consistait à fournir les meilleurs jeux de données météorologiques possible et les descriptions des stations d'observations. Leur contribution consistait également à faire une critique constructive du travail réalisé et des résultats obtenus. Au moment de la publication le groupe de travail était composé des membres suivants:

Ludo van der Auwera
Koninklijk Meteorologisch Instituut
Bruxelles
Belgique

Liam Burke
Service Météorologique
Dublin
Irlande

Philippe Duchêne-Marullaz
Centre Scientifique et Technique
du Bâtiment
Nantes, France

Demetrios Lalas
Lamda Technical, Ltd.
Athènes
Grèce

Alfredo Lavagnini
Istituto di Fisica dell'Atmosfera
Rome
Italie

Casimiro Mendes
Instituto Nacional de Meteorologia
e Geofísica
Lisbonne, Portugal

Bill Moores
Meteorological Office
Bracknell
Angleterre

Pablo Moreno
PMSA Compañía Española
de Investigación en Energía
Madrid, Espagne

Erik Lundtang Petersen
Risø National Laboratory
Roskilde, Danemark

Ib Troen
Risø National Laboratory
Roskilde, Danemark

Monika Ulbricht-Eissing
Deutscher Wetterdienst, Seewetteramt
Hamburg
République Fédérale d'Allemagne

Jon Wieringa
Koninklijk Nederlands
Meteorologisch Instituut
De Bilt, Hollande

L'étude a également bénéficié de la participation de plusieurs personnes qui ont contribué activement au sein du groupe de travail, soit pendant une période donnée soit au cours d'une ou plusieurs réunions du groupe. Ces personnes sont:

Belgique:	L. Malet
Danemark:	N.O. Jensen, S.E. Larsen et N.G. Mortensen
France:	C. Sacré
RFA:	H. Schmidt and W. Thommes
Italie:	G.A. Dalu and A.M. Sempreviva
Hollande:	A.P. van Ulden
Royaume Uni:	B. Shearman and R.J. Adams

Une partie des statistiques concernant l'Italie est présentée avec la permission de Ente Nazionale per l'Energia Elettrica. Nous remercions monsieur G. Botta de cet organisme pour sa collaboration. Nous remercions également A. Restivo, de l'Université de Porto, pour avoir mis à notre disposition les données du mât de Ferrel au Portugal; B. Tammelin de l'Institut Météorologique de Finlande pour les données du mât de Kivenlahti; G. Tunell du Swedish State Power Board, et R. Krieg de l'Institut Météorologique et hydrologique Suédois, pour les données du mât de Näsudden en Suède; K. Hedegård de l'Institut Météorologique danois pour les données des stations du Danemark; J.A. Børresen de l'Institut Météorologique de Norvège pour avoir mis à notre disposition les données et informations sur le vent géostrophique au dessus de la Mer du Nord. Nous remercions aussi R. Smith de l'Université de Yale des USA qui a été consulté dès le début de ce projet concernant les effets des montagnes sur le vent. Les cartes de base ainsi que les informations sur le relief relatif de l'Europe ont été reproduites avec la permission du service de cartographie de Esselte en Suède. Toutes ces contributions reçoivent ici notre gratitude.

Plusieurs de nos collègues du Département de Météorologie et d'Energie Eolienne du Laboratoire National de Risø nous ont aidé par leurs critiques et leurs suggestions constructives. Nous voulons tout particulièrement remercier Niels Otto Jensen et Niels Gylling Mortensen. Deux des modèles fondamentaux utilisés dans la réalisation de l'Atlas Eolien (le modèle de changement de rugosité du terrain et le modèle d'écoulement au dessus d'une colline) n'auraient pu être réalisés sans la contribution active de Niels Otto Jensen.

Les calculs finaux et la présentation des résultats, aussi bien que la rédaction et l'édition de l'Atlas, ont énormément bénéficié du dévouement et de la compétence de Niels Gylling Mortensen.

Durant l'étape finale de la préparation du manuscrit, L. Crossby a apporté son assistance linguistique de grande valeur et sa contribution à l'édition.

Nous remercions particulièrement tous nos collègues des différents départements de Risø qui ont été mis à contribution pour la réalisation de plusieurs tâches pratiques telles que les travaux de photographie, d'informatique, de tracé des cartes, de dactylographie, de photocopies et plusieurs autres actions.

C'est avec un grand plaisir que nous reconnaissons l'excellente coopération que nous avons eue avec W. Palz, de la Commission Européenne, qui nous a prodigué ses encouragements et son support tant sur le plan scientifique qu'administratif, et un intérêt permanent qui n'a pas de prix.

Nous désirons également exprimer notre excellente appréciation pour la bonne coopération que nous avons eu avec W. Schnell, E. Van der Voort et G. Caratti de la Commission Européenne ainsi que B. Rasmussen, consultant de cette Commission. C'est aussi avec un profond regret qu'en Novembre 1985 nous avons reçu le triste message du décès prématuré de Werner Schnell. Son intérêt enthousiaste au projet de l'Atlas Eolien nous était d'un grand apport et nous le regrettons beaucoup.

Nous espérons que cette publication contenant les statistiques climatologiques du vent pour toutes les régions de la CEE, sur la base de jeux de données sélectionnés et analysés avec soin et de modèles développés à partir des meilleures théories actuelles, remplira les fonctions attendues en fournissant une base autorisée, bien qu'inévitablement incomplète, pour calculer les ressources éoliennes dans les pays de la Communauté Européenne. En vérité, l'objectif poursuivi pour réaliser une telle publication a toujours animé la Commission et le groupe de travail de l'Atlas Eolien durant les sept années de l'étude. Nous sommes redevable à la Commission Européenne pour sa confiance durant tout le projet et pour avoir mis à notre disposition les fonds nécessaires. Nous tenons à remercier tous nos collègues et nos amis du groupe de travail pour leur excellente collaboration.

Plusieurs modèles utilisés dans l'analyse ont été développés spécialement pour cette étude. La méthodologie basée sur les lois de frottement géostrophique et les lois de similitude de la couche limite de surface n'a jamais été appliquée auparavant à des régions vastes et non homogènes. Aussi, nous nous sommes aventurés parfois dans un territoire inconnu, jusqu'à craindre par moment que l'étude ne conduise jamais à des résultats acceptables et que nous soyons obligés de reprendre les méthodes traditionnelles d'analyse des données compte tenu des nombreuses difficultés rencontrées. Après nos longues périodes de silence, le groupe de travail était toujours disponible pour des consultations et des avis: dans ce sens, tous méritent notre gratitude.

L'expérience que nous avons accumulée à travers cette étude montre que les statistiques climatologiques sont satisfaisantes pour la plupart des applications pratiques et parfois mieux encore qu'on ne l'escomptait. Nous avons la ferme certitude que l'Atlas Eolien Européen constituera une source d'information très utile. Notre participation à sa réalisation a certainement été un plaisir, un privilège et un enseignement.

Laboratoire National de Risø, Danemark

Ib Troen et Erik Lundtang Petersen

Chapitre 1

Introduction à l'Atlas Eolien

Le but de l'Atlas Eolien Européen est d'asseoir les bases météorologiques pour l'estimation des ressources énergétiques éoliennes. L'objectif principal est de mettre à la disposition des usagers des données qui permettent d'évaluer le potentiel d'énergie éolienne fournie par de grandes installations d'aérogénérateurs produisant de l'électricité. De plus, l'Atlas Eolien présente des données et des lignes directrices relatives aux aspects météorologiques qui interviennent dans le choix des sites pour l'installation des petits et des grands aérogénérateurs.

Une caractéristique importante de l'énergie éolienne est que la puissance de sortie d'un aérogénérateur est proportionnelle au cube de la vitesse du vent. Donc, en ce qui concerne les évaluations énergétiques, les précisions requises par les statistiques de la vitesse du vent sont supérieures à celles exigées pour la plupart des autres applications.

Une autre caractéristique aussi importante est la variation saisonnière et inter-annuelle du vent. Une détermination exacte de la climatologie du vent doit tenir compte de ces variations; plusieurs années de mesures de vent doivent donc être utilisées dans l'analyse.

Ainsi, l'application des mesures de vent aux calculs de puissance éolienne nécessite de longues séries temporelles de très bonne qualité. Dans notre étude conduisant à l'Atlas Eolien, il a été heureusement possible de disposer de telles séries de données obtenues à partir de mesures effectuées par des stations d'aéroport, synoptiques et climatologiques et par des bateaux-feux, partout en Europe.

La vitesse du vent mesurée dans une station météorologique est déterminée principalement par deux facteurs: les grands systèmes météorologiques, qui s'étendent généralement sur plusieurs centaines de kilomètres, et la topographie environnante dans un rayon de quelques dizaines de kilomètres de la station. Strictement parlant, l'utilisation directe de la vitesse du vent mesurée pour les calculs des ressources éoliennes conduit à des estimations qui ne sont en fait représentatives que de l'endroit où les mesures ont été effectuées. L'application des statistiques de vitesse de vent au calcul des ressources énergétiques pour une région donnée nécessite donc des méthodes de transformation appropriées. Au cours de la réalisation de l'Atlas

Eolien, un grand effort a été fourni pour développer de telles méthodes, ce qui a permis de mettre au point un certain nombre de modèles pour le calcul des extrapolations horizontales et verticales des données météorologiques et des ressources énergétiques. Les modèles sont basés sur les principes physiques de l'écoulement dans la couche limite atmosphérique et tiennent compte des effets des différentes conditions de surface du sol, de l'influence des constructions et obstacles et de la modification du vent imposée par les variations spécifiques de la topographie autour de la station météorologique. La figure 1.1 montre le principe d'utilisation de ces modèles à partir des mesures pour calculer la climatologie régionale du vent. La figure illustre également la procédure inverse qui permet de calculer la climatologie du vent en un site spécifique à partir de la climatologie régionale que l'on utilise cette fois comme entrée dans le modèle. Les modèles sont décrits en détail dans le chapitre 8.

Plus de deux cent stations météorologiques réparties sur l'ensemble des pays de la Communauté Européenne ont été sélectionnées pour le calcul des climatologies régionales du vent. Les résultats de 208 stations sont présentés dans le chapitre 7: *Statistiques et climatologie des stations*. Les stations sont indiquées sur les cartes des ressources éoliennes dans le chapitre 2 et listées dans la table 7.1. Un jeu de données de mesures météorologiques tri-horaires de chaque station a été considéré sur une période de 10 années. En plus, les stations météorologiques et leur environnement ont fait l'objet de descriptions précises qui comportent les éléments suivants:

- catégorie de terrain, c.a.d plans d'eau, terrain agricole dégagé, forêts, etc.
- obstacles proches susceptibles d'influencer les mesures tels que les bâtiments et les brise-vent.
- contours topographiques (orographie).

La classification du terrain comporte quatre classes de rugosité, chaque classe correspondant à une catégorie de terrain bien déterminée. Les classes de rugosité sont décrites et illustrées dans les figures 1.2–1.5 qui montrent en plus la relation entre longueur de rugosité et classe de rugosité. La longueur de rugosité est généralement utilisée comme échelle de longueur pour caractériser la rugosité d'un terrain.

Dans le chapitre 7, une description de chaque station est présentée, y compris une classification de la rugosité. De plus, une analyse des données de mesure y est présentée. Cette analyse comprend les fréquences d'occurrence des vitesses de vent suivant une rose à douze secteurs de direction, ainsi que les moyennes horaires de la vitesse pour chaque mois.

Pour le calcul des climatologies régionales, les descriptifs des stations et les modèles ont été utilisés pour transformer les données de vent comme si les mesures avaient été effectuées au même endroit dans un environnement ayant les caractéristiques suivantes:

- terrain plat et homogène,
- pas d'obstacles au voisinage,
- mesures effectuées à des hauteurs de 10, 25, 50, 100, et 200 m.

Par exemple, un des jeux de données ayant subi des transformations représente la vitesse et la direction du vent à 50 mètres au dessus d'un plan d'eau.

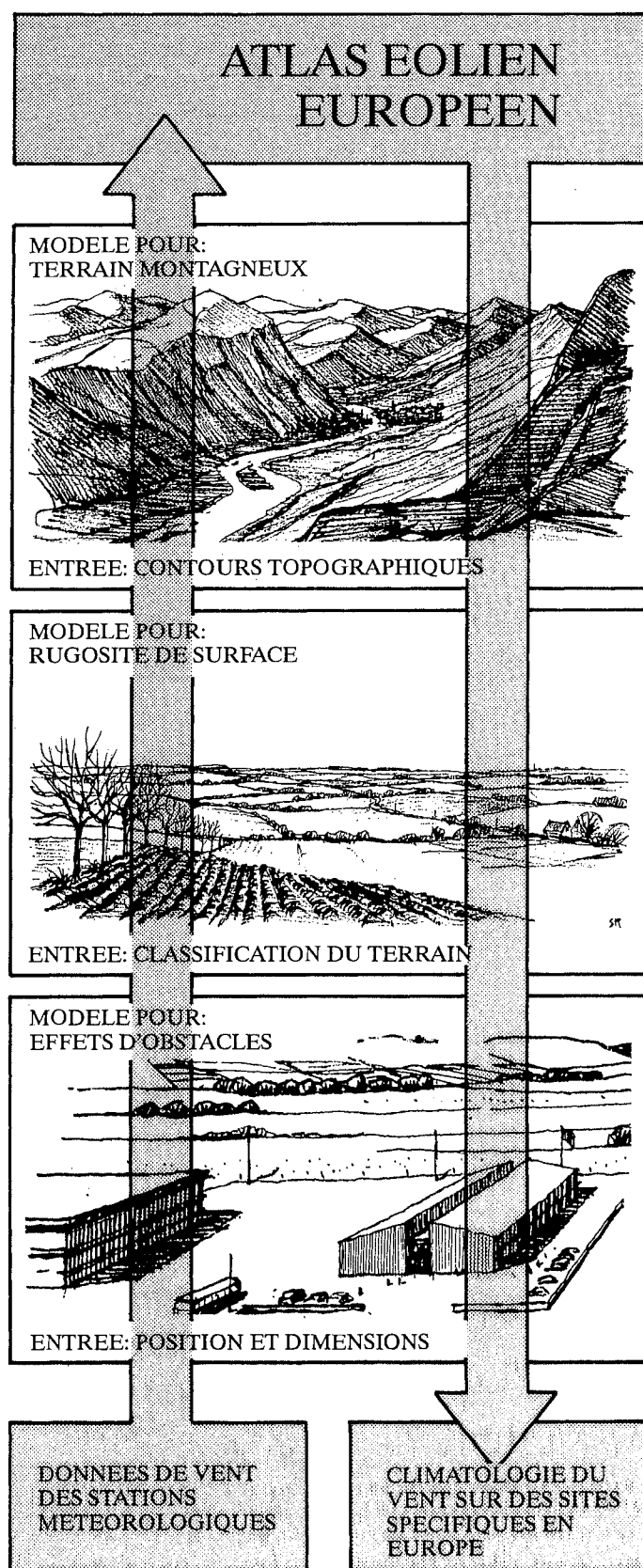


Figure 1.1: Méthodologie de l'Atlas Eolien. Les modèles météorologiques sont utilisés pour calculer les climatologies régionales à partir des données brutes. Concernant le calcul inverse – application de l'Atlas Eolien – la climatologie du vent en un site spécifique quelconque peut être déterminée à partir de la climatologie régionale.

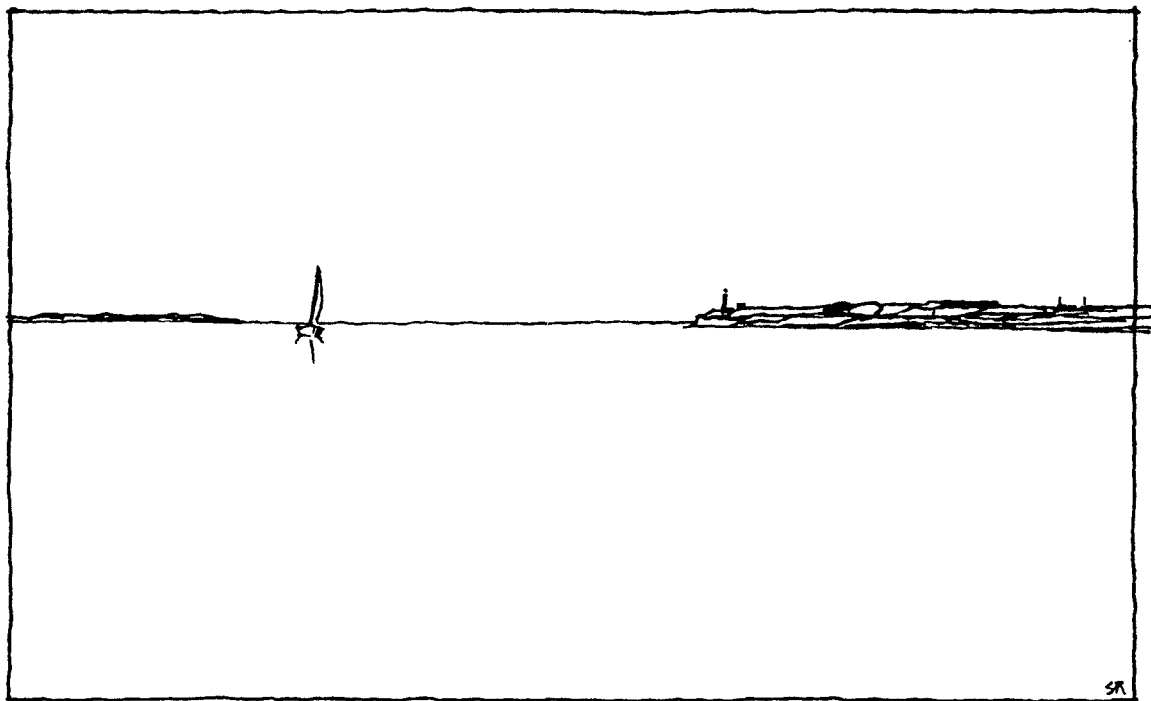


Figure 1.2: Exemple de terrain correspondant à la classe de rugosité 0: plans d'eau ($z_0 = 0.0002 \text{ m}$), mer, fjords et lacs.

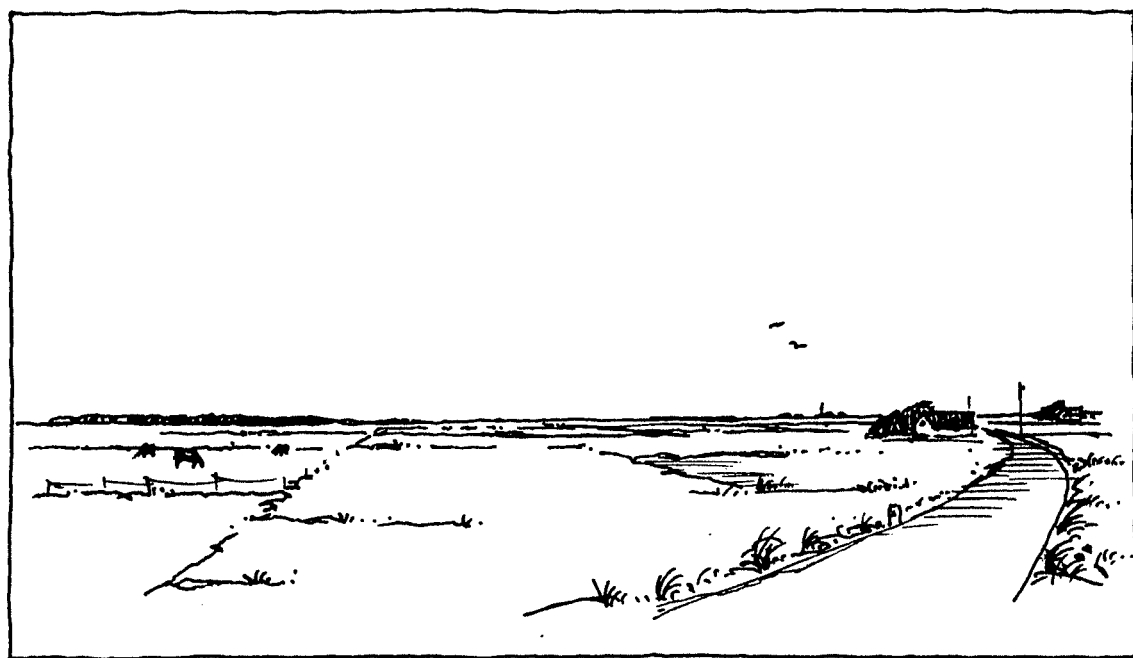


Figure 1.3: Exemple de terrain correspondant à la classe de rugosité 1: régions dégagées avec peu de brise-vent ($z_0 = 0.03 \text{ m}$). Le terrain apparaît très découvert et plat ou faiblement ondulé. On peut y trouver quelques fermes isolées, des arbres et des buissons.

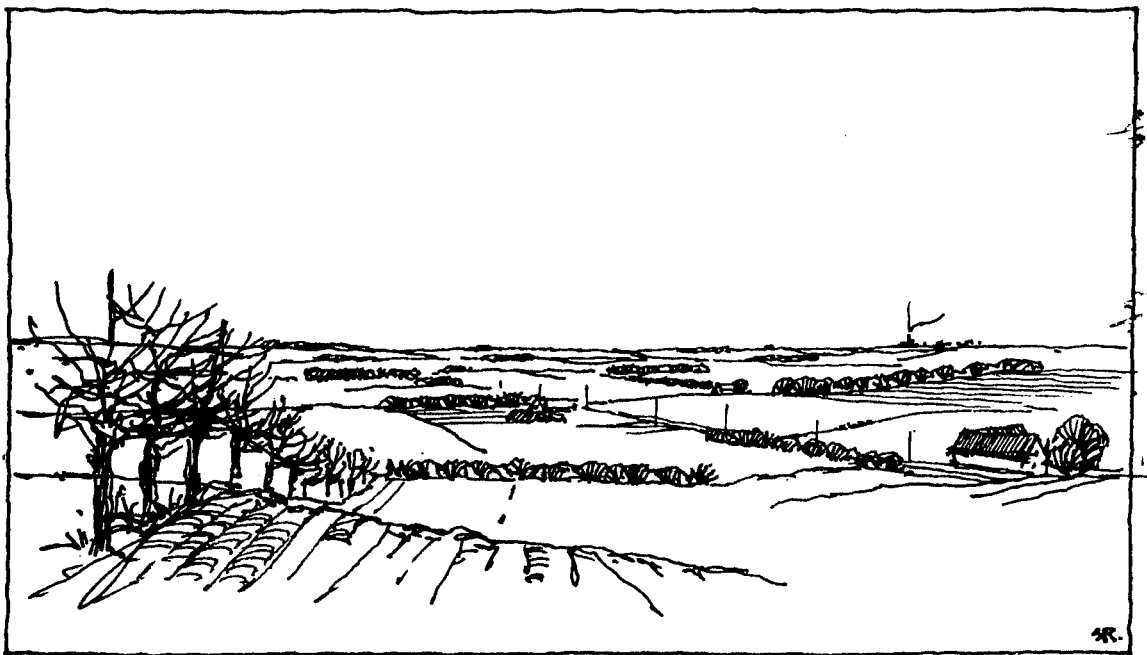


Figure 1.4: Exemple de terrain correspondant à la classe de rugosité 2: terrain agricole avec des brise-vent à intervalles n'excédant pas 1000 m en moyenne, et avec quelques constructions éparpillées ($z_0 = 0.10$ m). Le terrain est caractérisé par de vastes zones dégagées et situées entre les nombreux brise-vent donnant au terrain une apparence ouverte. Le terrain peut être plat ou ondulé, avec beaucoup d'arbres et de bâtiments.

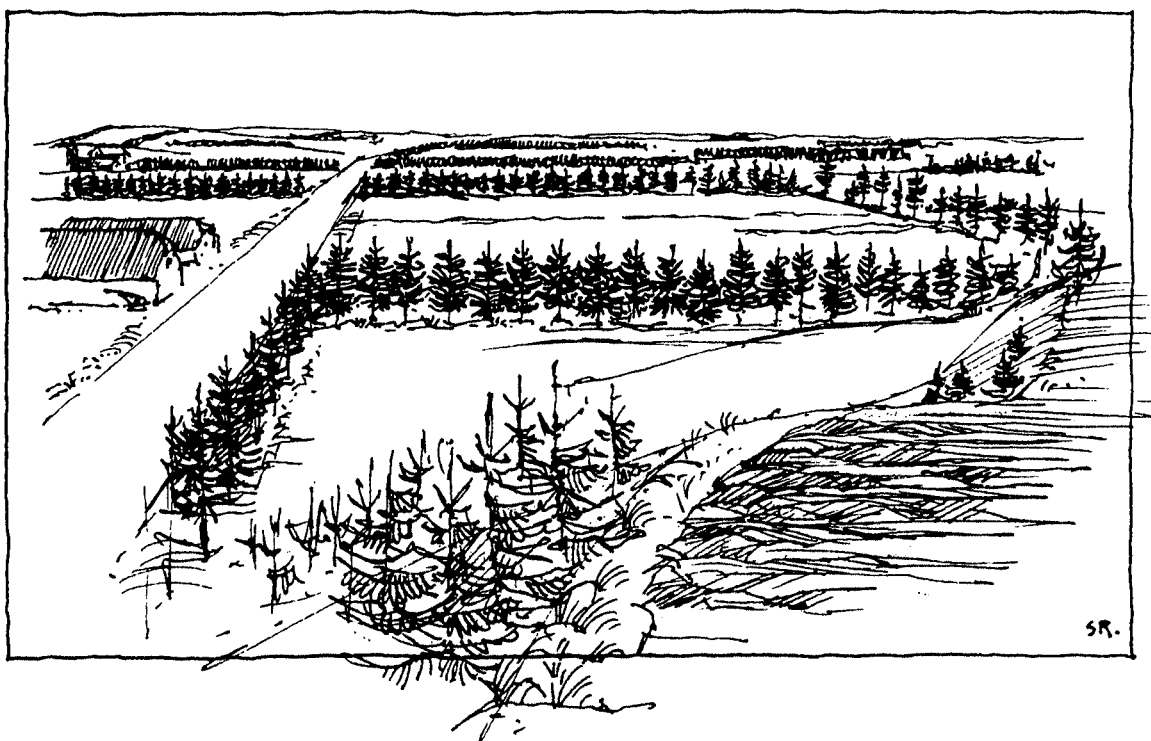


Figure 1.5: Exemple de terrain correspondant à la classe de rugosité 3: zones urbaines, forestières et région agricole avec de nombreux brise-vent ($z_0 = 0.40$ m). Le terrain agricole est caractérisé par beaucoup de brise-vent espacés entre eux de quelques centaines de mètres en moyenne. Les forêts et les zones urbaines appartiennent aussi à cette classe.

Avec quatre classes de rugosité et cinq hauteurs standard, le jeu de données de chaque station est transformé en 20 autres jeux. L'ensemble de ces 20 jeux pour les 208 stations constitue la base de la climatologie régionale. Ceci vient du fait que, lors de la procédure de transformation, les jeux de données sont *autant que possible* indépendants de toute influence orographique locale pour devenir *représentatifs à l'échelle régionale*.

La représentativité régionale d'un jeu de données transformées dépend fortement de la complexité de la topographie et des obstacles entourant la station météorologique. Afin de distinguer les stations et de juger de leur degré d'applicabilité aux régions environnantes, le paysage Européen a été classé en cinq types en fonction de l'influence de l'orographie sur l'écoulement atmosphérique. Ces catégories de paysages sont illustrées et définies dans les figures 1.6 à 1.10.

Les statistiques obtenues par transformation en utilisant les stations appartenant aux catégories 1 et 2 peuvent être appliquées à des régions de dimensions approximatives de 200×200 km. Les statistiques des stations qui relèvent des catégories 3 et 4 peuvent être appliquées à des régions de dimensions égales ou plus petites que les précédentes en fonction des situations spécifiques. Très souvent de telles stations se situent dans de grandes vallées ou des régions en contrefort qui s'élèvent graduellement jusqu'aux grands massifs montagneux. La plupart des statistiques des stations appartenant à la catégorie 5 ne seront représentatives que de la région très proche de la station.

Il est important de signaler que les climatologies régionales, c'est à dire les 20 jeux de données transformées obtenus à partir de chaque station, sont basées sur les mesures effectuées généralement à 10 mètres de hauteur. Non seulement la transformation et l'utilisation de telles données pour l'extrapolation horizontale peuvent conduire à de grandes incertitudes, mais la transformation jusqu'à 200 mètres est aussi sujette à des erreurs. Les théories qui ont été utilisées pour construire les méthodes d'extrapolation verticale ont prouvées leur validité jusqu'à des hauteurs de 100 mètres approximativement, par des comparaisons avec les données de plusieurs tours météorologiques. Au-dessus de 100 mètres, il existe peu de données. Bien qu'à l'évidence les résultats présentés au chapitre 9 montrent une bonne concordance entre les données mesurées et calculées, les incertitudes associées aux statistiques déterminées pour des hauteurs au-dessus de 100 mètres sont plus grandes que celles qui se rapportent à des hauteurs plus faibles.

La caractéristique statistique la plus importante à déterminer à partir des vitesses de vent en vue d'évaluer les ressources énergétiques éoliennes est la *fonction de distribution de probabilité*. Une fois cette fonction déterminée pour un site donné, le calcul de la production moyenne annuelle d'un aérogénérateur quelconque est alors uniquement une question d'intégration du produit de cette fonction et de la courbe de puissance de la machine.

Une des hypothèses de base de l'Atlas Eolien est que les données de vitesse du vent suivent la *loi de distribution statistique de Weibull* présentée par la figure 1.11 et expliquée dans le chapitre 8.



Figure 1.6: Paysage Européen de catégorie 1: plaines, plans d'eau et régions basses loin des montagnes. Les vents au voisinage de la surface subissent uniquement des modifications dues au changement de la rugosité de la surface du sol et aux effets d'obstacles.

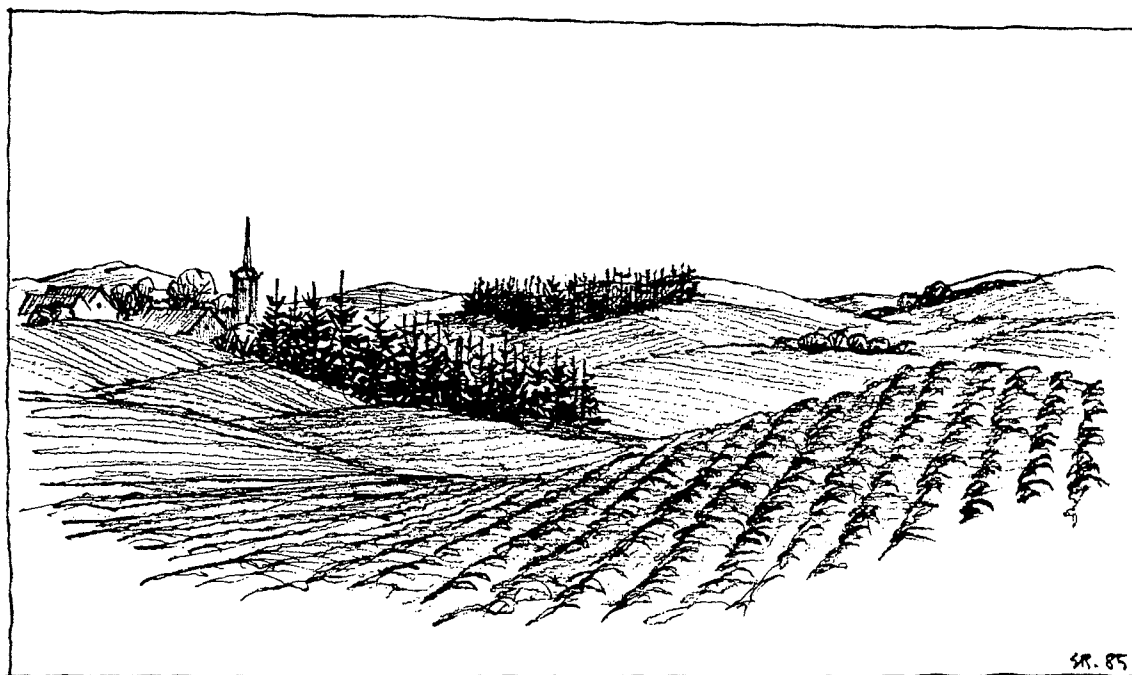


Figure 1.7: Paysage Européen de catégorie 2: régions légèrement ondulées situées loin des montagnes. Les dimensions horizontales typiques des collines sont inférieures à quelques kilomètres. Les vents au voisinage de la surface sont modifiés par la variation de la rugosité, par les effets d'obstacles et surtout par les accélérations induites par la présence des collines.

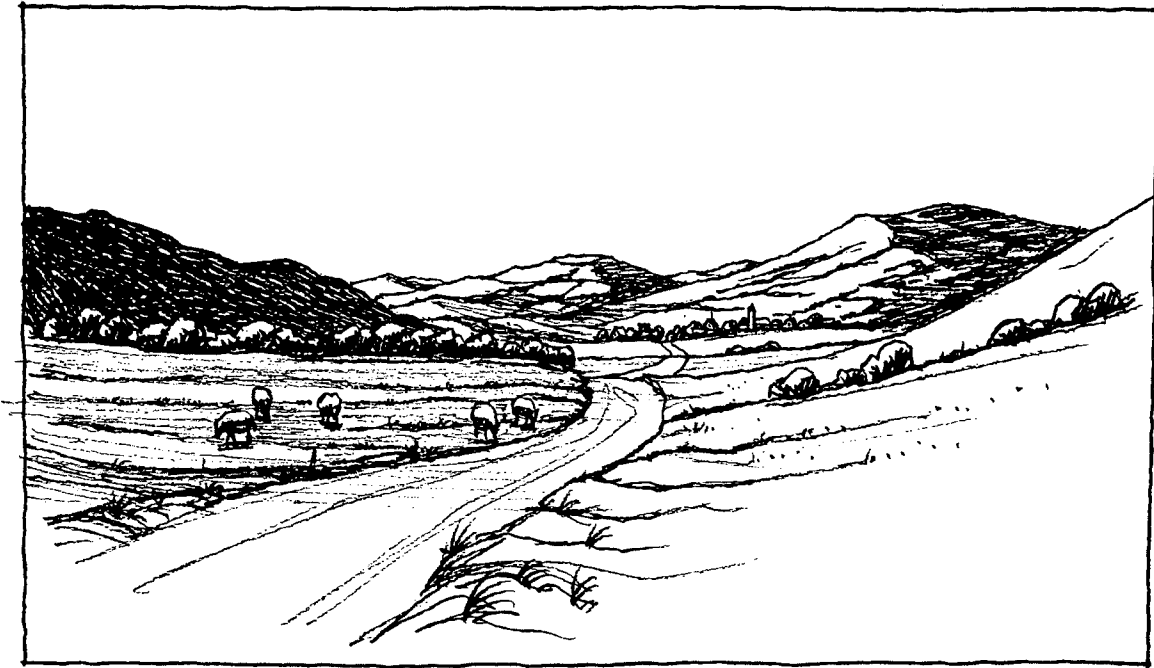


Figure 1.8: Paysage Européen de catégorie 3: Régions et hauts plateaux fortement ondulés ('Mittelgebirgs-relief'). Les dimensions horizontales typiques des collines sont de plusieurs kilomètres. Les vents au voisinage de la surface sont modifiés par la topographie, comme pour le paysage de catégorie 2. De plus, les caractéristiques de l'orographie de grande échelle peuvent induire de fortes modifications de la structure de la couche limite atmosphérique tout entière.



Figure 1.9: Paysage Européen de catégorie 4: régions en contrefort. Dans ces vastes étendues en pentes, il existe des systèmes d'écoulements bien distincts et persistants, tels que: Föhn, Bise, Bora, Mistral et Tramontane. Ces écoulements sont provoqués par des phénomènes de canalisation ou de déviation de l'écoulement, de subsidences sous le vent et de renforcement aérodynamique.

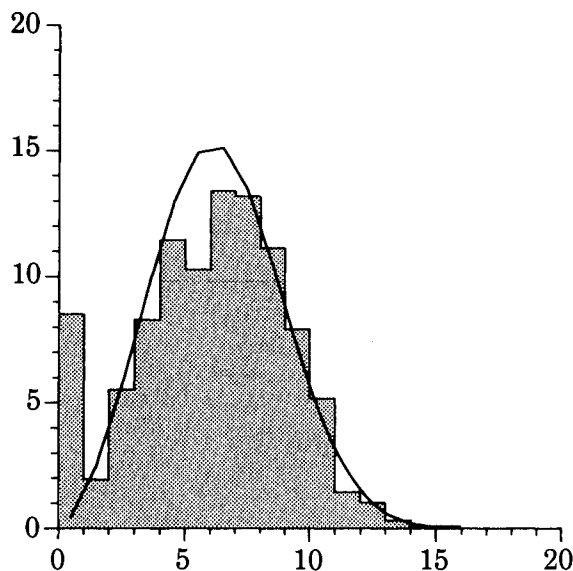


Figure 1.10: Paysage Européen de catégorie 5: hauts massifs montagneux entrecoupés par de profondes vallées. Les vents aux sommets peuvent être représentatifs des valeurs en atmosphère libre en fonction des conditions spécifiques. Dans les vallées, les vents induits par les effets thermiques caractérisent la climatologie du vent. A l'exception de l'effet de föhn sous le vent, les vents dans les vallées sont découplés des vents de l'atmosphère libre.

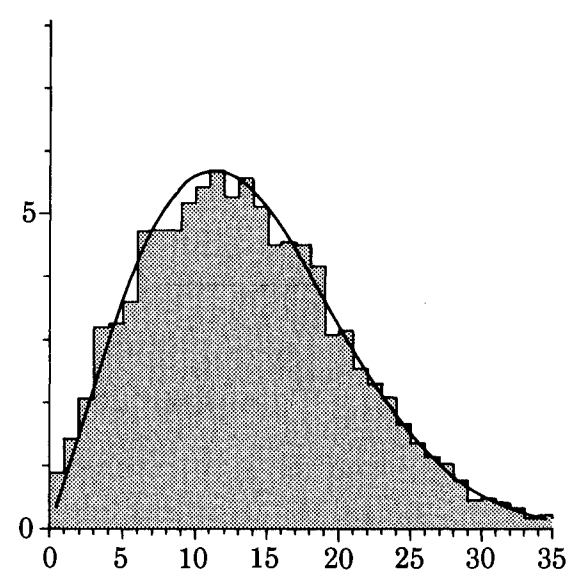
Telle qu' illustrée fig. 1.11, la distribution de Weibull ajuste généralement bien les données de vitesse de vent observées et ceci reste valable pour la plupart des 208 stations. La fiabilité de l'ajustement de Weibull à une station donnée peut être jugée par le lecteur à travers les histogrammes des données brutes et avec les paramètres de la distribution de Weibull présentés dans le chapitre 7. Les paramètres de la distribution de Weibull appliquée aux 20 jeux de données transformés se trouvent dans la colonne *Total* des tableaux statistiques des stations. Pour le besoin de la détermination des ressources éoliennes sur des sites où la classe de rugosité change en fonction de la direction du vent – zone côtière par exemple –, chacun des 20 jeux de données a été divisé en 12 autres jeux suivant la direction. Les paramètres de la distribution de Weibull qui ajustent les jeux de données de vitesse/direction du vent sont aussi présentés dans les statistiques des stations. Finalement, les statistiques contiennent une table donnant les valeurs de la vitesse moyenne et de l'énergie moyenne correspondante du vent pour quatre classes de rugosité et cinq hauteurs standard. Les valeurs obtenues pour les 208 stations constituent l'information de base pour la réalisation des cartes de puissance moyenne et de vitesse moyenne du vent présentées dans le chapitre 2.

Il est important de signaler que la validité des statistiques calculées à partir d'une station donnée dépend en même temps de la qualité des données et de la masse d'informations disponibles. Pour certaines stations, les informations ont été moins détaillées pour diverses raisons: par exemple, les photographies de certaines stations d'aérodromes sont classées pour raison militaire et donc non disponibles pour l'étude. Il est possible qu'un utilisateur de l'Atlas puisse produire des descriptions

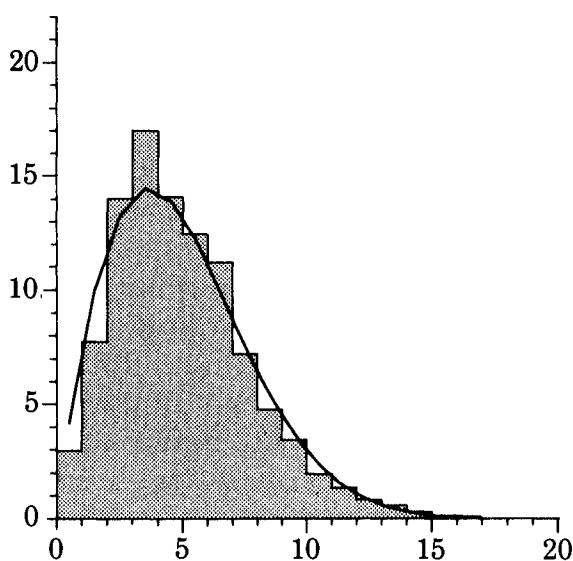
Fuerteventura, Iles Canaries, Espagne
 $A = 7.2 \text{ m s}^{-1}$, $k = 2.78$



Snaefell, Royaume-Uni
 $A = 15.4 \text{ m s}^{-1}$, $k = 2.08$



Schiphol, Hollande
 $A = 5.6 \text{ m s}^{-1}$, $k = 1.83$



Mont de Marsan, France
 $A = 2.4 \text{ m s}^{-1}$, $k = 1.24$

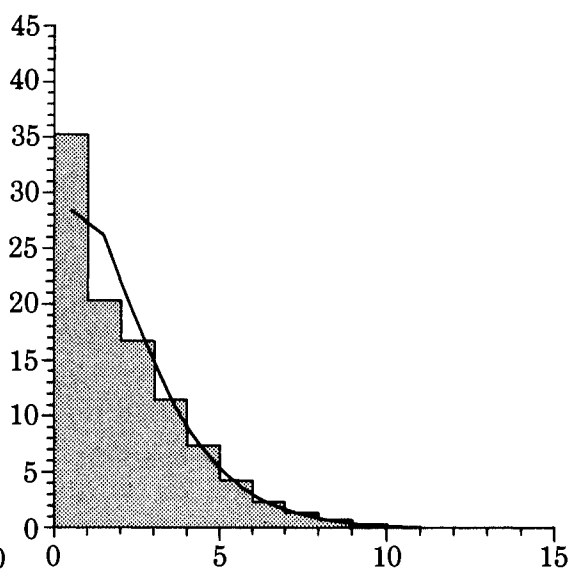


Figure 1.11: Histogrammes des mesures de vitesse de vent et fonctions de distribution de Weibull pour quatre différentes stations utilisées dans l'Atlas Eolien. Les paramètres de Weibull sont donnés pour chaque station: le paramètre d'échelle A se rapporte à la valeur moyenne de la vitesse du vent, tandis que le paramètre de forme k détermine la forme de la courbe de Weibull. Voir chapitre 8 pour d'autres détails. Abscisses: vitesse de vent en mètres par seconde. Ordonnées: fréquences d'occurrence en pour cent.

de certaines stations de façon plus précises que cela n'était possible lors de l'étude. Il est également possible qu'un utilisateur souhaite compléter cet Atlas et inclure d'autres stations. Dans ce cas, l'utilisateur peut recalculer les statistiques dans l'Atlas et additionner aussi les statistiques d'autres stations à l'aide du logiciel mentionné précédemment – Wind Atlas Analysis and Application Programme - compte tenu du fait que la partie analyse de ce programme a été utilisée pour produire toutes les statistiques climatologiques régionales de l'Atlas.

Il existe plusieurs autres études relatives à la climatologie du vent. Parmi ces études, quelques unes sont listées dans le chapitre 10. A l'inverse de la méthodologie détaillée pour l'analyse des effets de la topographie, la plupart des études n'appliquent les analyses statistiques qu'aux données de mesures. Dans certaines études, des corrections rudimentaires pour différentes conditions d'observations sont appliquées aux données utilisées dans les analyses statistiques. Compte tenu de la très grande variabilité des conditions de vent provoquée par les différences de topographie locale, l'aspect détaillé qui apparaît dans beaucoup de ces études peut être trompeur. Ceci pose en effet un problème, en particulier lorsque les cartes sont tracées en interpolant directement les vitesses de vent entre les stations.

Les données qui constituent la base du présent Atlas couvrent dans la plupart des cas une période de dix années, entre 1970–1980. En climatologie, une période de 30 années est souvent prise comme base de travail. La question qui est donc soulevée est: jusqu'à quel degré la période retenue est-elle représentative pour le long terme et – plus important encore – quelle serait la valeur de l'écart attendu pour les futures décennies?

Une étude sur la variabilité climatique sur l'Europe du Nord (Larsen et al., 1988) montre que, durant les années soixante dix, la puissance moyenne du vent était proche de la moyenne pour la période 1973–1982. Cette étude montre aussi que des variations allant jusqu'à 30 pour cent peuvent se produire d'une décennie à une autre. La figure 1.12 en illustre la variabilité.

Il a été démontré dans une autre étude (Petersen et al., 1981), à partir d'une analyse de la puissance de sortie d'un aérogénérateur situé à 45 mètres de hauteur, sur une période de 22 années, que la variation inter-annuelle de puissance correspond approximativement à un écart type relatif moyen de 13 pour cent.

Pour une étude économique appropriée de l'utilisation de la puissance éolienne, une telle variabilité doit à l'évidence être gardée en tête. Comparativement avec d'autres facteurs importants tels que les taux d'intérêt et les prix des autres carburants, l'incertitude de la variabilité liée à la ressource éolienne n'est pas importante si on considère la durée de vie d'un aérogénérateur, estimée à 20 années. Sur la base des études citées ci-dessus, on peut estimer que la variation de la puissance moyenne d'une période de 20 années à une autre a un écart type de ≈ 10 pour cent ou moins.

Il a été montré plus haut que la fiabilité du calcul de la puissance éolienne basé sur les statistiques de l'Atlas Eolien dépend de la qualité des données de la station. Une estimation de la qualité des données pour la plupart des stations peut être effectuée à l'aide des descriptifs des stations et de l'ensemble des représentations graphiques ap-

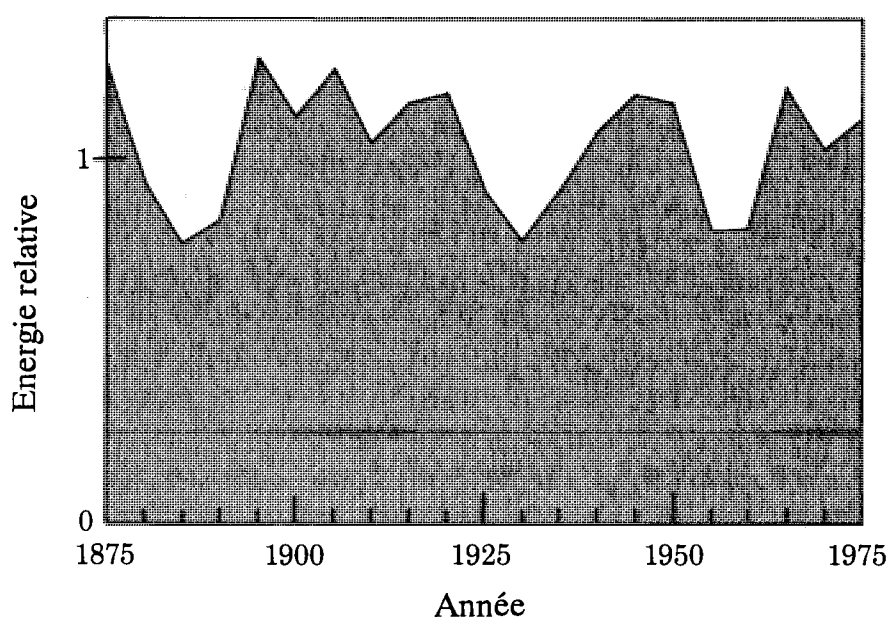


Figure 1.12: Energie moyenne du vent pour des périodes consécutives de 5 ans basées sur des séries chronologiques de Hesselø, Denmark, 1873–1982 (Larsen et al., 1988).

pelées empreinte climatologique du vent (*wind climatological fingerprint*), présentées dans le chapitre 7. Cette empreinte climatologique montre les variations journalière et annuelle de la vitesse moyenne du vent et de la puissance éolienne moyenne. Figurent également la rose des vents, le spectre de variance, l'écart mois par mois de la vitesse moyenne du vent et la puissance moyenne à partir d'une année moyenne. Cette dernière statistique permet à l'utilisateur de juger la variabilité d'année en année dans une station et d'écarter ou de traiter avec une attention spéciale les stations ayant une tendance prononcée dans les données de mesure.

Partie I

LA RESSOURCE EOLIENNE

Chapitre 2

Les ressources éoliennes d'Europe

Les ressources énergétiques éoliennes varient beaucoup à travers l'Europe, du climat maritime des Iles britanniques au climat continental du centre de l'Allemagne, jusqu'au climat méditerranéen des Iles grecques. Les ressources varient d'un facteur de dix et plus sur l'échelle énergétique. Car non seulement l'énergie moyenne contenue dans le vent varie sur de grandes distances, mais des variations substantielles existent aussi sur de courtes distances. C'est pourquoi des méthodes et des données fiables sont requises pour la détermination des ressources énergétiques éoliennes aussi bien régionales que sur des sites sélectionnés.

Le but de l'Atlas Eolien est donc double: présenter des données de vent et disposer de méthodologies pour l'utilisation de ces données dans une région environnante pour les estimations du potentiel énergétique éolien et pour procéder aux choix des sites d'aérogénérateurs.

Ce chapitre commence avec une courte description de la climatologie Européenne du vent telle qu'on peut la déduire des stations météorologiques utilisées pour l'analyse dans l'Atlas Eolien. Pour une description générale du climat de l'Europe, le lecteur peut consulter les ouvrages de "World Survey of Climatology" (Landsberg et Wallén, 1970, 1977). Vient ensuite un ensemble de cartes qui permettent d'estimer les ressources énergétiques éoliennes à une hauteur de 50 mètres au-dessus du sol. Les cartes montrent la répartition géographique en cinq classes d'énergie éolienne. Chaque classe représente une gamme de densité de puissance éolienne moyenne ou son équivalent en vitesse moyenne du vent, cette gamme étant dépendante de la topographie. Les domaines de densité de puissance moyenne et de vitesse moyenne du vent calculées sont donnés dans un tableau pour cinq conditions topographiques différentes: présence d'obstacles, terrain agricole plat, région côtière, grande étendue d'eau, collines et crêtes bien exposées. Ces conditions sont choisies pour illustrer des gammes d'énergie éolienne typiques et les estimations devraient être considérées seulement comme telles. Il y a lieu d'insister sur les caractéristiques de la topographie locale qui peuvent causer des variations considérables de la puissance moyenne sur de courtes distances, spécialement dans les régions côtières, montagneuses ou de collines. Les cartes ne montrent pas en général la variabilité due aux caractéristiques de la topographie locale du terrain, mais peuvent être

utilisées avec le tableau et la connaissance de la topographie pour identifier de façon raisonnable les vastes régions à fort potentiel énergétique éolien. On a cependant essayé d'identifier des sites où il est possible de trouver des systèmes de vent locaux (favorisés par la topographie et par de grandes différences de la température de surface). En de tels sites, les effets de concentration peuvent donner lieu à de forts potentiels énergétiques. Compte tenu du manque de données, ces sites ont été identifiés de manière subjective. Ils sont indiqués sur les cartes par des petits cercles. Il y a lieu de noter que les effets du Mistral et de la Tramontane – qui n'appartiennent pas à la catégorie des systèmes de vent très locaux – sont relativement bien décrits par les données et apparaissent clairement sur les cartes.

2.1 La climatologie du vent en Europe

Le régime éolien d'Europe est influencé par trois facteurs principaux: la grande différence de température entre l'air polaire au Nord et l'air subtropical au Sud; la répartition des terres et des mers avec l'Océan Atlantique à l'Ouest, le continent Asiatique à l'Est, la mer Méditerranée et l'Afrique au Sud; et les principales barrières orographiques telles que les Alpes, les Pyrénées et la chaîne de montagnes scandinaves.

Une caractéristique notable de la climatologie du vent en Europe est le régime de vent au Nord du 40 °N environ, consistant principalement en dépressions et anticyclones migrants se déplaçant vers l'Est ou le Nord-Est au dessus de l'Atlantique Nord en direction de l'Europe¹. Les déplacements vigoureux au Nord du 40°N peuvent être ressentis parfois à travers la majeure partie de l'Europe et même jusqu'à la mer Egée, mais en général, quand les dépressions se déplacent de la mer vers le continent, elles sont ralenties et affaiblies. Ainsi, loin de l'Océan Atlantique, leur influence sur la climatologie des vents décroît et d'autres effets prévalent alors.

Du point de vue de l'énergie éolienne, on peut distinguer deux types de climatologie du vent en Europe:

- climatologie du vent des sites où la puissance qui peut être convertie vient principalement des systèmes dépressionnaires qui se déplacent vers l'Est.
- climatologie du vent des sites où la puissance qui peut être convertie ne provient que partiellement de ces systèmes dépressionnaires.

La région la plus influencée par les systèmes météorologiques d'Ouest est indiquée dans la figure 2.1. C'est une des caractéristiques de la climatologie du vent de cette partie de l'Europe où le vent géostrophique moyen, qui est approximativement le vent moyen à une hauteur de 1500 mètres, est bien défini sur de vastes régions. La figure 2.1 montre clairement l'existence d'un gradient général dans la climatologie du vent du Nord-Ouest au Sud-Est.

¹Les dépressions sont des systèmes de vents associés à des centres de basses pressions qui sont créés le long du front polaire séparant les masses d'air froid polaire et d'air chaud subtropical.

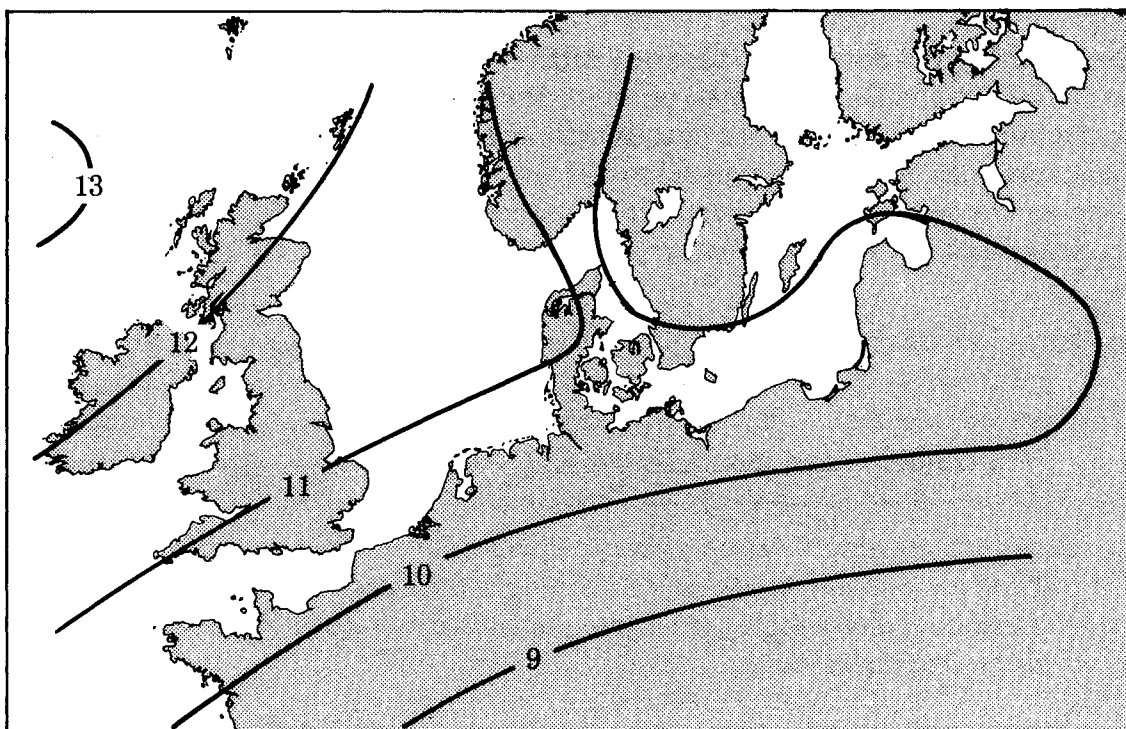


Figure 2.1: Le vent géostrophique moyen au dessus de l'Europe du Nord, en mètres par seconde. D'après les données de Børresen (1987) et les statistiques présentées dans le chapitre 7.

Le *second type* de climatologie du vent identifié ci-dessus domine dans la plupart des régions que montre la figure 2.2, où l'Afrique, la mer Méditerranée, les Alpes et les terrains montagneux prédominants donnent naissance à beaucoup de systèmes de vent tels que: le Mistral, un vent fort de Nord, qui pénètre dans la vallée du Rhône et s'étend le long de la Riviera Française vers la mer Méditerranée pendant de longues périodes en hiver; le Sirocco, apportant des masses d'air chargé de grandes quantités de poussière d'origine saharienne au dessus de la mer Méditerranée, en direction de l'Europe centrale et de l'Est; les Etesiens, dans la région de l'Europe du Sud Est, qui sont remarquablement constants en direction et en force; le Bora sur la partie Est de l'Adriatique, qui apporte un vent fort soufflant en rafales, prend origine dans les masses d'air qui s'enfoncent à travers un passage étroit dans les Alpes; le Levant, un vent d'Est qui souffle vers la côte Est de l'Espagne et dans le détroit de Gibraltar; le Verdarro, un vent de Nord qui souffle sur la côte Nord de la Salonique.

Plusieurs autres systèmes de vent locaux sont bien connus, par exemple la Bise et la Tramontane. Un phénomène spécial appelé Föhn, se produit dans beaucoup de régions d'Europe. Les phénomènes de Föhn les plus connus sont ceux qui se produisent à l'intérieur et autour des Alpes. L'effet de Föhn de Nord consiste en un soulèvement d'air froid par la chaîne des Alpes, donnant lieu à un écoulement d'air froid par rafales le long du versant Sud des Alpes. L'effet de Föhn de Sud est le phénomène inverse: un vent chaud et sec en direction des Alpes.

La description climatologique et la classification d'un site particulier ne sont pas toujours simples. Les données de base de l'Atlas Eolien sont constituées des fréquences de vitesse du vent. De plus, l'Atlas présente des statistiques qui décrivent les conditions climatologiques du vent à chaque station. Avant de procéder à la discussion de ces statistiques, il serait utile de définir les termes "Temps" et "Climat". H.H. Lamb propose des définitions complètes (et des informations climatologiques utiles) dans l'ouvrage intitulé "Climate: Past, Present and Future" (Lamb, 1972):

Le temps est associé à l'état complet de l'atmosphère à un endroit et à un moment particulier – c'est l'état instantané de l'atmosphère, plus particulièrement des éléments qui affectent directement la vie. Les éléments du temps sont des paramètres tels que la température, la pression atmosphérique, le vent, l'humidité, les nuages, la pluie, l'ensoleillement et la visibilité.

Le climat est la synthèse des phénomènes météorologiques observés sur l'ensemble d'une période statistiquement assez longue pour pouvoir établir ses propriétés statistiques d'ensemble et reste dans une large mesure indépendante d'un état instantané quelconque.

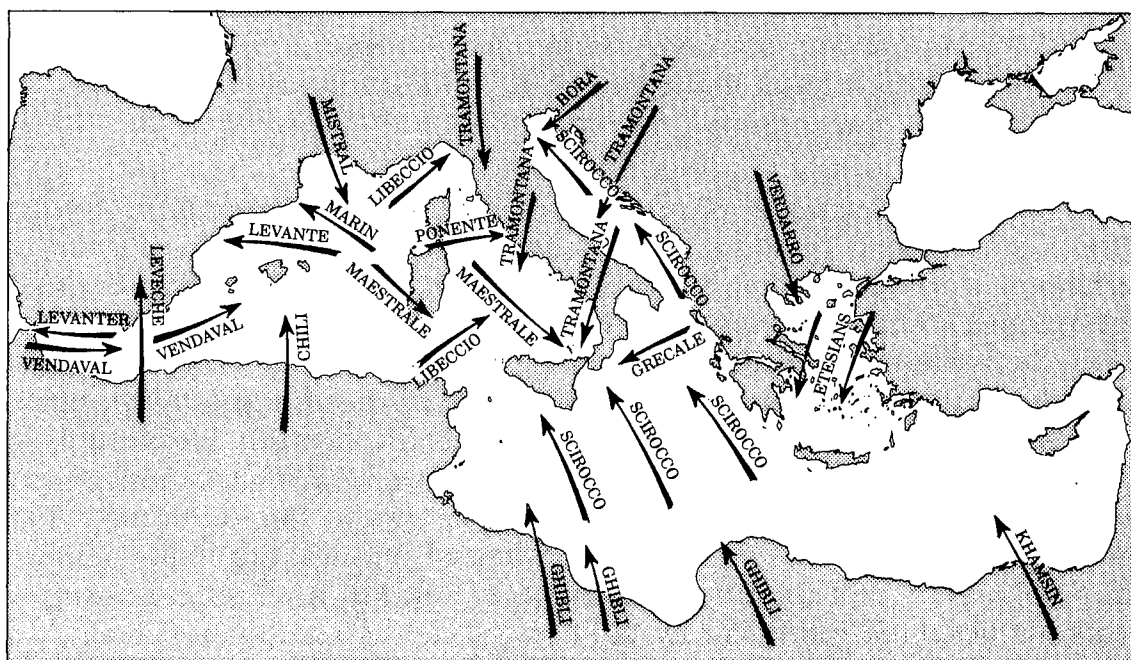


Figure 2.2: Vents principaux dans la région Méditerranéenne. Une brève description de chaque type de vent est donnée par Huschke (1959). D'après: *Series Grandi Progetti di Ricerca 3, ENEL, Italy*.

On peut considérer différents types de statistiques pour la description de la climatologie du vent d'un site ou d'une région. L'ensemble des statistiques données pour chaque station dans le chapitre 7 est choisi sur la base de l'expérience acquise durant la phase d'analyse de l'Atlas, et montre que l'information contenue dans cet ensemble donne habituellement une bonne représentation de la climatologie du vent. Chaque ensemble de statistiques est présenté dans deux tableaux du *Résumé des données brutes* et une représentation graphique appelée *Empreinte climatologique*

du vent est donnée. Les détails de ces statistiques sont décrits dans le chapitre 7 et seuls deux indicateurs climatiques importants seront discutés ici: les histogrammes sectoriels des vitesses de vent ainsi que les variations journalières et annuelles.

Les histogrammes sectoriels de la vitesse du vent (fonction de distribution de la vitesse du vent). C'est un type de rose des vents dans laquelle les vitesses de vent mesurées sont classées par secteur (12 secteurs) et par intervalle de vitesse de 1 ms^{-1} . Les grandes fréquences de vent faible indiquent en général un climat continental tel que celui que l'on retrouve dans les stations allemandes de Munich, Nuremberg et Stuttgart et/ou dans les stations entourées de montagnes telles que les stations françaises de Mont de Marsan, Perpignan et Carcassonne. Pour ces deux dernières stations, les statistiques montrent aussi des directions préférentielles le long d'une vallée. Les stations fortement influencées par les vents d'Ouest peuvent être identifiées par de fréquences élevées et par des vents forts dans les secteurs compris entre 210° et 330° environ. On peut citer comme exemples Belmullet en Irlande, Benbecula au Royaume-Uni, Hambourg en Allemagne et Cambrai en France.

La variation journalière et annuelle de la vitesse du vent: les variations journalières et saisonnières moyennes de la vitesse du vent sont souvent de bons indicateurs climatiques. Une petite variation journalière au cours de l'année est une caractéristique des climats océaniques ou de sites situés sur des grands sommets: à titre d'exemple on peut citer les deux phares – Texel (Hollande) et Horns Rev (Danemark) – et la station de Snaefell (Ile de Man, Royaume Uni, 615 mètres d'altitude). Une grande variation journalière pour tous les mois de l'année caractérise les régions du Sud de l'Europe tandis qu'une large variation quotidienne en été et une petite variation en hiver sont une caractéristique de l'Europe situé au Nord des Alpes. Les variations annuelles et quotidiennes sont influencées aussi bien par les conditions locales que par les conditions de grande échelle, mais les variations annuelles sont habituellement utilisées comme indicateur climatologique régional. On peut citer, comme exemple, les Iles Canaries en Espagne, situées dans la ceinture des Alizés où un maximum se produit durant les mois d'été alors que, pour les mêmes mois, on observe un minimum dans la plupart des stations au Nord de l'Europe.

Une discussion plus complète sur les climatologies locales en Europe, basée sur les statistiques du chapitre 7, dépasserait le cadre de cet Atlas. Toutefois, en étudiant et en comparant les informations détaillées dans le chapitre 7, le lecteur aura une idée générale de la climatologie du vent en Europe.

2.2 Cartographie des ressources éoliennes

Les ressources éoliennes en Europe sont illustrées par 15 cartes en couleurs. Les couleurs symbolisent les ressources éoliennes disponibles. Les cartes ont deux objectifs principaux: le premier objectif est d'identifier les vastes régions avec de bonnes promesses d'exploitation à grande échelle de la ressource éolienne; le second objectif est de mettre en évidence la variation relative de la ressource éolienne à travers

l'Europe. Les ressources éoliennes réelles peuvent varier de façon importante sur de courtes distances en raison de la topographie et, pour montrer de tels détails, il est nécessaire de disposer de cartes de plus haute résolution. Ainsi, pour la préparation des cartes, il a été nécessaire de rejeter l'influence de la topographie locale et de ne considérer que les différences à grande échelle. Les cartes ont été réalisées en utilisant les données de toutes les stations météorologiques comprises dans l'Atlas Eolien. Les stations sont listées dans le chapitre 7 et les méthodes utilisées pour tenir compte des effets locaux sont décrites tout au long de cet Atlas, en particulier dans le chapitre 8.²

Les cartes sont donc tracées en vue de montrer la variation des ressources éoliennes au dessus des vastes plaines dégagées, à une certaine distance des montagnes et des côtes. Le changement brusque d'une couleur à une autre ne reflète pas les ressources éoliennes réelles mais il s'agit plutôt d'un artifice dû à la technique d'illustration employée.

Lorsqu'on examine les cartes pour les régions montagneuses, on a l'impression qu'elles ne sont pas représentatives de la réalité. Pour avoir les moyens de juger de l'influence des montagnes, et de ce fait du degré de représentativité, les cartes sont présentées avec un *relief relatif*, c.a.d la différence entre le niveau le plus haut et le niveau le plus bas dans une région de surface unitaire de 100 km². Les cartes ne montrent pas généralement les effets de la topographie locale à l'exception de ce qu'on appelle les *effets de concentration locaux*. Le type de topographie qui favorise de tels effets se rapporte aux vallées et aux cañons en pente descendante des montagnes, suivant une direction parallèle à celle des vents dominants à grande échelle et avec un rétrécissement localisé. On peut citer aussi l'exemple des bassins qui concentrent les écoulements d'air froid des montagnes environnantes (Wegley et al., 1980). Le développement considérable de l'énergie éolienne qui a été constaté en Californie à partir de 1980 est dû principalement à l'existence des effets de concentration. Ces effets se produisent sur la côte et les défilés à travers lesquels l'air marin plus frais venant de l'Océan Pacifique est canalisé vers les vallées plus chaudes et plus sèches à l'intérieur de la Californie. Parmi les sites principaux utilisant ce type d'énergie, on peut citer Altamont Pass, Tehachapi Pass et San Geronimo Pass (Elliot et al., 1986).

Il est improbable que des effets aussi prononcés que ceux qui se produisent dans ces cols puissent se trouver en Europe, mais l'existence de quelques régions favorables est possible, plus particulièrement dans le Sud de l'Europe. Compte tenu du manque de données, ces sites n'ont pas été identifiés dans l'Atlas Eolien mais les cartes donnent des indications subjectives sur les régions potentielles.

La représentation qualitative des ressources éoliennes donnée par les cartes peut s'exprimer par des termes plus quantitatifs tels que la production d'énergie annuelle en kWh. Pour cela deux éléments sont requis: les caractéristiques du système de conversion d'énergie éolienne (la courbe de puissance de l'aérogénérateur par exemple) et l'influence de la topographie locale du terrain sur l'énergie éolienne disponible.

²Les influences à l'échelle locale sont dans ce contexte symbolisées par les effets d'obstacle provoqués par des constructions proches et par la modification du vent due à la topographie du terrain sur des distances de 10 à 20 kms de la station de mesure.

Ce dernier point est explicité dans la légende des cartes qui donnent les vitesses moyennes du vent et les densités moyennes de puissance à une hauteur de 50 mètres pour cinq sites topographiquement différents. Dans le chapitre 4, on montre comment ces chiffres peuvent être extrapolés à d'autres hauteurs et utilisés pratiquement pour les calculs.

A titre d'exemple de représentation quantitative des ressources éoliennes illustrant aussi bien les variations régionales que la dépendance de la topographie, on considère la question suivante: pour combien de maisons un grand aérogénérateur peut-il produire d'électricité s'il est installé à 50 mètres de hauteur, sachant que le diamètre du rotor est de 50 mètres, le régime nominal 1 MW et la consommation de chaque maison de 4500 kWh par année?³ La réponse à cette question est donnée par la figure 2.3, car dans ce cas particulier, le nombre de maisons est du même ordre de grandeur que la densité de puissance à 50 mètres. Donc, par exemple, sur la côte Nord Ouest de la France, entre 400 et 700 maisons peuvent être alimentées par cet aérogénérateur, et approximativement le même nombre dans le centre du Portugal si l'aérogénérateur est installé sur une crête bien exposée, sachant que la consommation est la même pour les deux pays.

En conclusion, les cartes nous révèlent que les régions potentiellement intéressantes pour des applications éoliennes sont dispersées d'un bout à l'autre de l'Europe. Les principales régions qui disposent d'importantes ressources énergétiques éoliennes sont: les Iles britanniques, la région de la Mer du Nord, la partie Nord Ouest de la péninsule Ibérique et la majorité des îles Grecques. Quelques zones méditerranéennes profitent – du point de vue de l'énergie éolienne – du bénéfice des processus atmosphériques particuliers qui donnent naissance à des situations de vent très favorables. Les systèmes de vent bien connus sont le Mistral, la Tramontane et le Bora. Quelques systèmes de vent très locaux – induits par la présence de la topographie et des grandes différences de température de surface – peuvent exister sur toute l'Europe, en particulier dans sa partie Sud. Dans de telles zones, les effets de concentration peuvent donner de forts potentiels d'énergie éolienne. En raison du manque de données, ces régions n'ont pas été toutes identifiées objectivement pour l'Atlas Eolien. Finalement, compte tenu de l'augmentation possible du potentiel d'énergie éolienne qui pourrait exister dans certaines conditions topographiques telles que les collines bien exposées et les côtes perpendiculaires aux vents dominants, il est possible de trouver des sites adéquats à travers toute l'Europe, permettant d'exploiter l'énergie éolienne – même dans les régions à faible potentiel identifiées sur les cartes. Il n'est pas possible d'identifier, à l'aide de l'Atlas Eolien, les sites favorables localisés dans les régions à faible potentiel. Pour évaluer la ressource éolienne dans de tels sites, il est nécessaire d'effectuer des mesures de vent étalées sur quelques années dans les régions intéressantes. La méthode discutée dans ce document permet de sélectionner les sites et la manière de concevoir les mesures.

³Ceci est la consommation moyenne d'électricité d'une famille danoise qui n'utilise pas de chauffage électrique.

2.3 Légende des cartes de ressource éolienne

Les ressources éoliennes et le relief des pays de la Communauté Européenne sont présentés sur 15 cartes en couleur dans les pages suivantes. Les principaux fleuves ainsi que les frontières sont également indiqués sur ces cartes.

Les ressources éoliennes se rapportent à une hauteur de 50 mètres au dessus du sol et la légende donne la vitesse moyenne du vent ainsi que la densité de puissance éolienne moyenne pour 5 différentes conditions topographiques. Les régions où les effets de concentration sont prévisibles, mais pour lesquelles les données n'étaient pas disponibles, sont indiquées sur les cartes par des cercles.

Le relief relatif est la différence d'altitude entre le niveau le plus bas et le niveau le plus haut pour une surface unitaire de 100 km² – cercles de 5.6 km de rayon (Rutkis, 1971). Pour l'objet de cet Atlas, le relief relatif est présenté suivant trois classes:

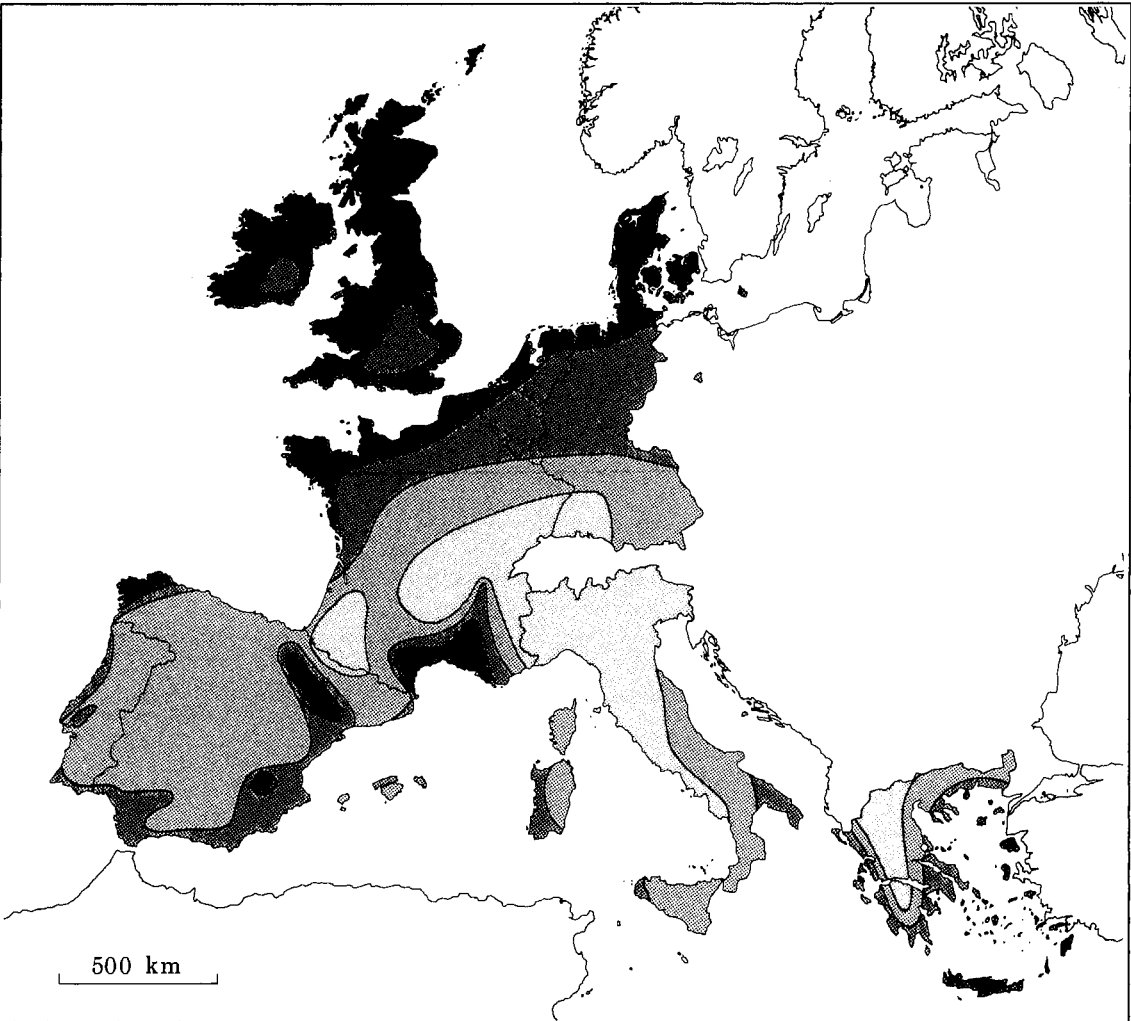
Nuance	Relief relatif [m]
aucune	0 – 200
légère	200 – 800
sombre	> 800

Le relief relatif n'est pas indiqué sur les cartes de Grèce et des îles atlantiques de l'Espagne et du Portugal car les informations sur ces régions n'étaient pas disponibles.

Une carte plus détaillée de l'Europe de l'Ouest, montrant le relief suivant huit classes, est donnée par William-Olsson (1974).

Bien qu'il n'y ait pas de correspondance directe entre le relief relatif illustré par les cartes et les types de paysage Européen mentionnés dans le chapitre 1, les types 1 et 2 sont certainement les plus concernés par la classe de plus faible relief relatif, tandis que le type 5 se rapporte principalement aux régions sombres. Les régions avec une nuance claire correspondent le plus souvent aux types 3 et 4.

Figure 2.3: Répartition des ressources éoliennes en Europe. On peut estimer à l'aide de la légende l'énergie éolienne disponible à 50 mètres au dessus du sol pour 5 conditions topographiques différentes. Les régions où des effets locaux de concentration peuvent se produire ne sont pas indiquées sur la carte. Les Açores, Madère et les Iles Canaries ne sont pas représentées sur cette carte mais sont indiquées dans l'une des cartes détaillées qui suivent. ►



Ressources éoliennes ¹ à 50 mètres au dessus du sol pour 5 conditions topographiques										
	Terrain avec obstacles ²		Plaines dégagées ³		En zone côtière ⁴		Mer dégagée ⁵		Collines et crêtes ⁶	
	m s ⁻¹	Wm ⁻²	m s ⁻¹	Wm ⁻²	m s ⁻¹	Wm ⁻²	m s ⁻¹	Wm ⁻²	m s ⁻¹	Wm ⁻²
	> 6.0	> 250	> 7.5	> 500	> 8.5	> 700	> 9.0	> 800	> 11.5	> 1800
	5.0-6.0	150-250	6.5-7.5	300-500	7.0-8.5	400-700	8.0-9.0	600-800	10.0-11.5	1200-1800
	4.5-5.0	100-150	5.5-6.5	200-300	6.0-7.0	250-400	7.0-8.0	400-600	8.5-10.0	700-1200
	3.5-4.5	50-100	4.5-5.5	100-200	5.0-6.0	150-250	5.5-7.0	200-400	7.0- 8.5	400- 700
	< 3.5	< 50	< 4.5	< 100	< 5.0	< 150	< 5.5	< 200	< 7.0	< 400

- 1. Les ressources éoliennes se rapportent à la puissance contenue dans le vent. Un aérogénérateur peut utiliser entre 20 et 30% seulement de la ressource disponible. Les ressources sont calculées pour une densité de l'air de 1.23 kg m⁻³ correspondante à la pression standard au niveau de la mer et à une température de 15°C. La densité de l'air décroît avec l'altitude mais jusqu'à une altitude de 1000 m, la réduction de la densité de puissance qui en résulte est plus petite que 10%, voir Table B.1 in Appendix B.
- 2. Zones urbaines, forêt et terrain agricole avec beaucoup de brise-vent (classe de rugosité 3).
- 3. Terrain dégagé et ouvert avec peu de brise-vent (classe de rugosité 1). En général, on retrouve ici les sites continentaux les plus propices.
- 4. Ces classes appartiennent à une côte rectiligne avec une rose des vents uniforme et une surface continentale contenant peu de brise-vent (classe de rugosité 1). Les ressources seront plus élevées et plus proches des valeurs en mer ouverte si les vents provenant de la mer sont plus fréquents c.a.d si la rose de vent n'est pas uniforme et/ou le continent déborde sur la mer. Réciproquement, les ressources seront en général plus petites et plus proches des valeurs continentales si les vents provenant du continent sont plus fréquents.
- 5. Surface marine à plus de 10 kms de la côte (classe de rugosité 0).
- 6. Ces classes correspondent à une survitesse de 50% et ont été calculées pour un site situé sur le sommet d'une colline isolée à axes symétriques ayant une hauteur de 400 mètres et un diamètre de base de 4 kms. La survitesse dépend de la hauteur, de la dimension de la colline et des caractéristiques du site.

Partie II

DETERMINATION DES RESSOURCES EOLIENNES

Chapitre 3

Concepts généraux

L'évaluation de la ressource éolienne s'étend de l'estimation générale de l'énergie moyenne contenue dans le vent au dessus d'une vaste région – *évaluation régionale* – au calcul de la production d'énergie annuelle moyenne d'un aérogénérateur spécifique pour un site donné – appelé choix de site (*siting*). Le choix du site nécessite généralement des informations beaucoup plus détaillées que dans le cas d'une évaluation régionale. Cependant, ces deux applications font usage de concepts généraux de l'analyse topographique et de la climatologie régionale du vent.

Dans le but de calculer l'influence de la topographie sur le vent, il est nécessaire de décrire systématiquement les caractéristiques de cette topographie.

Le vent est fortement influencé au voisinage d'un obstacle tel qu'un bâtiment ou autre construction. L'effet s'étend verticalement jusqu'à trois fois la hauteur de l'obstacle approximativement, et sous le vent de l'obstacle jusqu'à 30 à 40 fois la hauteur. Si le point auquel on s'intéresse est situé à l'intérieur de cette zone, il est nécessaire de prendre en compte les effets d'obstacles.

L'effet commun de la surface du terrain et des obstacles, conduisant à un effet de ralentissement d'ensemble du vent au voisinage du sol, se rapporte à la rugosité du terrain. La végétation et les constructions constituent des exemples d'éléments topographiques qui contribuent à la rugosité du terrain.

Les éléments orographiques tels que les collines, falaises, escarpements et crêtes exercent une influence supplémentaire sur le vent. Au voisinage du sommet, le vent aura tendance à accélérer tandis qu'en bas et dans les vallées, il s'affaiblira.

Pour une situation donnée, on peut recenser trois effets topographiques principaux sur le vent: effet d'obstacle, rugosité et orographie. Donc, en règle générale, il est nécessaire de spécifier les obstacles voisins, la rugosité et l'orographie du terrain environnant.

3.1 La rugosité du terrain

La rugosité d'une surface donnée est déterminée par la taille et la distribution de ses éléments rugueux. Pour des surfaces continentales, ces éléments se rapportent essentiellement à la végétation, aux zones de constructions et à la surface du sol. Dans l'Atlas Eolien, les différents types de terrain ont été divisés suivant quatre classes, chacune étant caractérisée par les éléments rugueux qu'elle contient. Chaque type de terrain est rattaché à une *classe de rugosité*. Une description ainsi qu'une illustration des quatre classes de rugosité ont été présentées dans les figures 1.2–1.5.

Longueur de rugosité

La rugosité d'un terrain est habituellement paramétrisée par une échelle de longueur appelée longueur de rugosité z_0 .

Une simple relation empirique entre les éléments rugueux et le longueur de rugosité a été donnée par Lettau (1969). Un élément rugueux est caractérisé par sa hauteur h et la section transversale face au vent S . En outre, pour un certain nombre d'éléments répartis uniformément sur une surface, la densité peut être décrite par la moyenne de la surface horizontale A_H de chaque élément. Donc

$$z_0 = 0.5 \cdot \frac{h \cdot S}{A_H} \quad (3.1)$$

Cette relation donne une estimation raisonnable de z_0 lorsque A_H est beaucoup plus grand que S . Elle tend par contre à surestimer z_0 lorsque A_H est du même ordre de grandeur que S : ceci vient du fait que l'écoulement est "soulevé" au-dessus des éléments rugueux lorsqu'ils sont proches les uns des autres. Ainsi, seule une fraction de S et de h contribue à la rugosité. En outre, le soulèvement de l'écoulement nécessite la mesure de la hauteur au-dessus du sol à partir d'un point quelconque situé entre le sommet et la mi-hauteur des éléments rugueux. Cette hauteur correspond à une *longueur de déplacement*. La longueur de déplacement doit être toujours prise en compte sur des sites forestier, villes et haute végétation. Finalement, l'équation 3.1 suppose que la porosité est égale approximativement à zéro, c.a.d que les éléments rugueux sont constitués de corps solides. En ce qui concerne les éléments poreux, z_0 doit être réduit d'une fraction égale à la porosité, à partir de l'équation 3.1.

Exemple 3.1 L'équation 3.1 peut être utilisée pour calculer la longueur de rugosité d'un terrain couvert par un grand nombre de constructions (ex: ville de province). La rugosité est estimée à partir de $h = 5$ m, $S = 100$ m² et $A_H = 1000$ m²:

$$z_0 = 0.5 \cdot 5 \cdot \frac{100}{1000} = 0.25 \text{ m}$$

La relation empirique peut également s'appliquer aux brise-vent en faisant $S \sim hL$

et $A_H \sim \ell L$, où L est la longueur du brise-vent et ℓ la distance entre les brise-vents. L'équation 3.1 devient alors:

$$z_0 = 0.5 \cdot \frac{h^2}{\ell} \quad (3.2)$$

Pour une hauteur typique de 10 mètres, l'influence de ℓ sur z_0 peut s'illustrer par la table suivante:

ℓ	[m]	1000	500	200
z_0	[m]	0.05	0.1	0.25

Il faut noter que la porosité est supposée nulle dans les calculs précédents. Pour des brise-vents formés d'arbres et de broussailles, la porosité est approximativement égale à 0.5, ce qui conduit à une décroissance de ℓ entre les brise-vent par un facteur deux pour donner la même rugosité.

La figure 3.1 donne la relation entre la longueur de rugosité, les caractéristiques du terrain et la classe de rugosité. La longueur de rugosité des surfaces couvertes par de la végétation peut varier avec la vitesse du vent. Par exemple, la courbure des tiges sous l'action du vent peut changer la forme de la surface. Un phénomène similaire se produit avec les vagues sur un plan d'eau où la hauteur et la forme des vagues dépendent de la vitesse du vent. D'un point de vue dimensionnel, l'équation suivante peut être obtenue pour la rugosité au dessus de l'eau lorsque qu'on néglige les effets visqueux et la tension de surface de l'eau (Charnock, 1955):

$$z_0 = b \frac{u_*^2}{g} \quad (3.3)$$

où b est une constante ($b \approx 0.014$), g l'accélération de la pesanteur et u_* la vitesse de frottement (voir équation 8.2).

Dans l'Atlas Eolien, on a utilisé l'équation 3.3 et une valeur fixe pour la rugosité des plans d'eau de classe de rugosité 0. Il s'est avéré qu'une valeur fixe de 0.0002 m a donné d'aussi bons résultats que l'équation 3.3 pour des vitesses de vent modérées à fortes. Toutes les statistiques présentées dans l'Atlas Eolien ont été obtenues avec cette valeur.

Il faut noter cependant qu'en général, la longueur de rugosité telle qu'elle est appliquée dans l'Atlas Eolien doit être considérée essentiellement comme un paramètre climatologique. Ceci vient du fait que la rugosité d'une région change en fonction de la foliation, de la végétation, de la couverture de neige etc. La production d'énergie d'un aérogénérateur doit être déterminée par l'étude climatologique, essentiellement basée sur la variation du temps. Cependant, les variations saisonnières des caractéristiques locales du terrain peuvent exercer également une influence sur cette production.

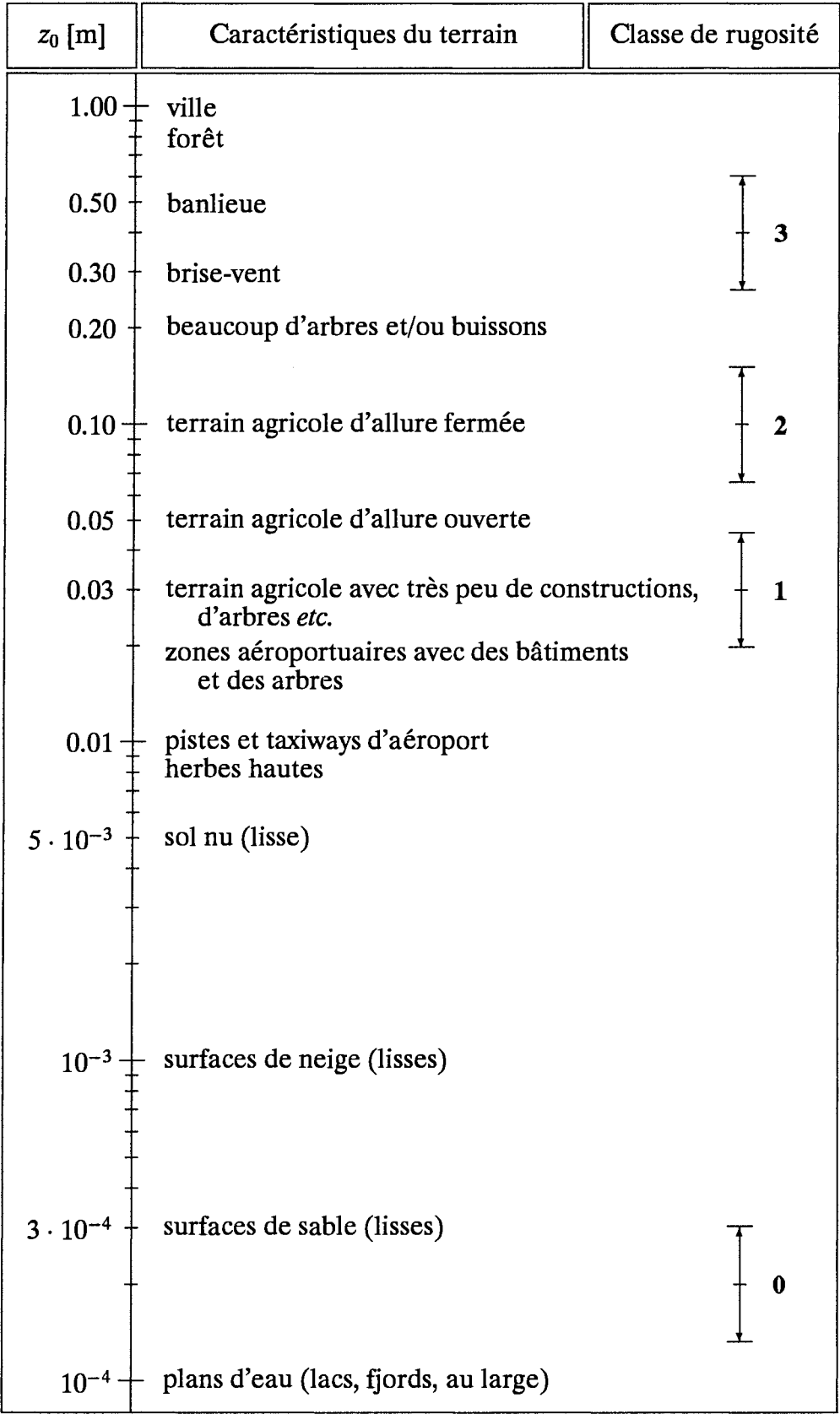


Figure 3.1: Longueur de rugosité, caractéristiques de la surface du sol et classe de rugosité correspondante. Les classes de rugosité sont indiquées par des flèches verticales. Le point central de chaque classe donne la valeur de référence. La longueur des flèches verticales montre la gamme d'incertitude pour évaluer la rugosité.

3.2 Effet d'obstacle

L'effet d'obstacle est défini comme étant une décroissance relative de la vitesse du vent causée par la présence d'un obstacle sur le terrain. Sur un site donné, l'effet d'obstacle dépend des paramètres suivants:

- la distance de l'obstacle au site (x)
- la hauteur de l'obstacle (h)
- la hauteur du point auquel on s'intéresse sur le site (H)
- la longueur de l'obstacle (L)
- la porosité de l'obstacle (P)

La figure 3.2 montre la réduction de la vitesse du vent causée par l'effet d'un obstacle bidimensionnel infiniment long de porosité égale à zéro. L'effet d'obstacle décroît avec la diminution de la longueur de l'obstacle et également avec l'augmentation de la porosité.

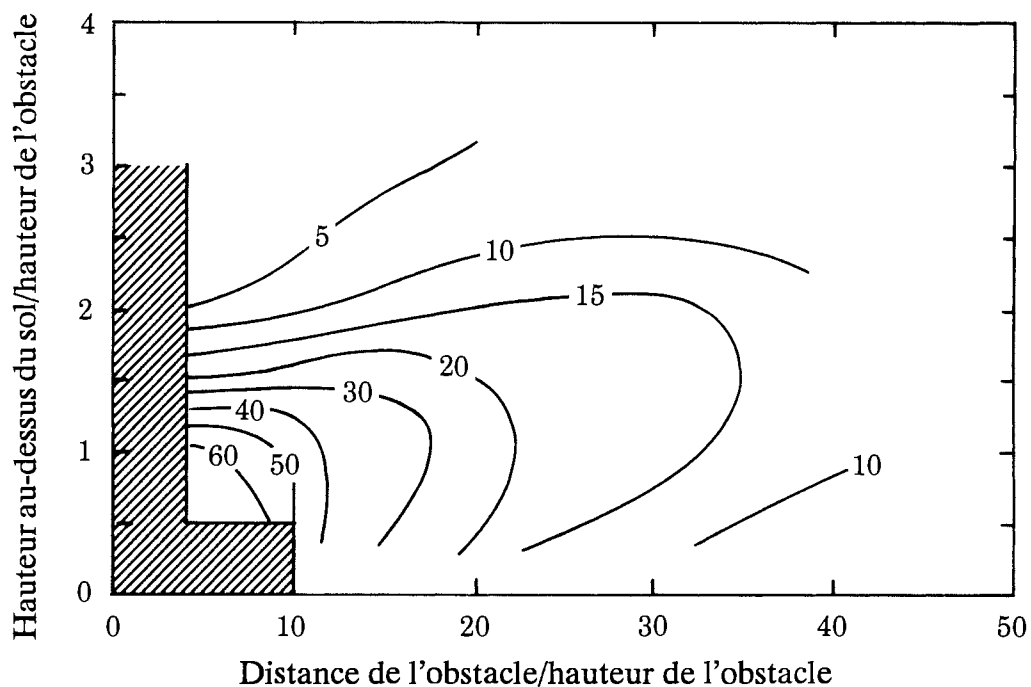


Figure 3.2: Réduction de la vitesse du vent (R_1) en pour cent causée par la présence d'un obstacle à deux dimensions d'après les expressions proposées par Perera (1981). Dans la zone hachurée, l'effet d'obstacle est très dépendant des détails géométriques de l'obstacle. En outre, la vitesse du vent augmente en général au voisinage et au-dessus de l'obstacle – de manière similaire aux effets de survitesse au-dessus des collines.

En règle générale, on considère que la porosité est égale à zéro pour des constructions et ≈ 0.5 pour des arbres. Une ligne de bâtiments identiques aura une porosité de 0.33 environ. On peut appliquer les caractéristiques des brise-vent listées dans le

tableau 3.1. La porosité des arbres varie aussi avec la foliation, c'est à dire en fonction de la période de l'année et, de la même manière que la longueur de rugosité, la porosité doit être considérée comme un paramètre climatologique.

Tableau 3.1: Porosité des brise-vent.

Apparence	Porosité P
Solide (mur)	0
Très dense	≤ 0.35
Dense	0.35 - 0.50
Dégagée	≥ 0.50

L'effet de la porosité, P ($0 \leq P \leq 1$), est approximativement pris en compte par un facteur égal à $1 - P$. Un autre paramètre se rapportant à la correction des données est la dimension latérale L de l'obstacle. La plupart des données empiriques, y compris celles de Perera (1981), se rapportent à des clôtures ou à des ceintures d'obstacles bidimensionnels et correspondent à des dimensions latérales "infinies". L'effet provoqué par un obstacle de dimensions latérales finies décroît à cause du mélange latéral produit dans le sillage de l'obstacle. En outre, l'effet sur la vitesse moyenne dans un secteur donné est amoindri par suite de la dimension angulaire finie de l'obstacle tel qu'il est vu du site. Dans un secteur donné de 30° , la réduction en vitesse moyenne (R_2) peut être estimée approximativement en réduisant l'effet d'obstacle obtenu à partir de la figure 3.2, en utilisant les expressions suivantes déterminées à partir de simples considérations géométriques:

$$R_2 = \begin{cases} \left(1 + 0.2 \frac{x}{L}\right)^{-1} & \text{pour } \frac{L}{x} \geq 0.3 \\ 2 \frac{L}{x} & \text{pour } \frac{L}{x} \leq 0.3 \end{cases} \quad (3.4)$$

Donc

$$u_{cor} = u \cdot (1 - R_2 \cdot R_1(1 - P)) \quad (3.5)$$

où u_{cor} et u sont les vitesses de vent avec et sans effet d'obstacle. $R_1 = \Delta u/u$ est la fraction de vitesse de vent réduite selon la figure 3.2.

3.3 Effet des variations d'altitude du terrain

Les effets des variations d'altitude du terrain sur le profil vertical de vent peuvent être clairement démontrés par les résultats de l'expérience internationale de la colline d'Askervein, située sur l'Ile de South Uist dans les Hébrides (Taylor et Teunissen, 1987; Salmon et al., 1987). La figure 3.3 montre une vue en perspective de la colline d'Askervein. L'axe suivant lequel les mesures des vitesses et des directions du vent ont été effectuées est indiqué par des mâts météorologiques.

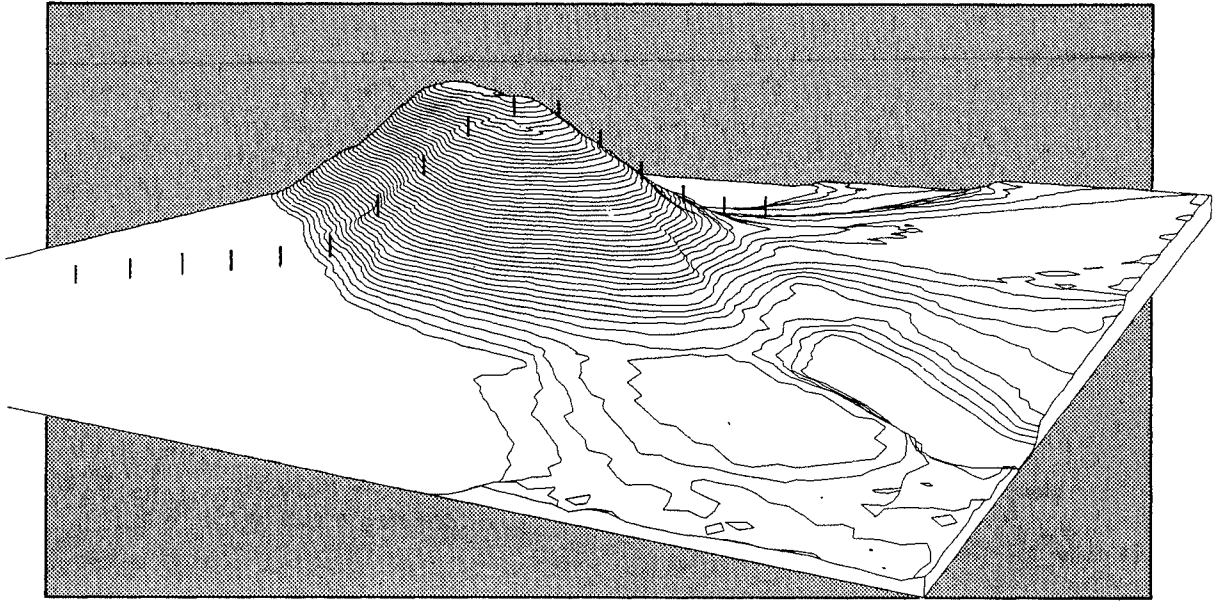


Figure 3.3: Vue en perspective de la colline d'Askervein.

Les données expérimentales sont illustrées dans la figure 3.4 à l'aide du coefficient relatif de survitesse ΔS à 10 m au-dessus du sol, présenté en fonction de la distance longitudinale comptée à partir du sommet de la crête. Le coefficient relatif de survitesse est défini comme suit:

$$\Delta S = \frac{u_2 - u_1}{u_1} \quad (3.6)$$

où u_2 et u_1 représentent respectivement les vitesses du vent, à une même hauteur au-dessus du sol, au sommet et au bas de la colline, face au vent.

Les données de la figure 3.4 sont obtenues pour des directions de vent presque perpendiculaires à l'orientation de la colline. On montre aussi les résultats de trois modèles numériques: le modèle BZ utilisé dans l'Analyse de l'Atlas Eolien et deux autres modèles (Beljaars et al., 1987). Quelques caractéristiques notables de la figure 3.4 sont:

- La survitesse au sommet est de 80 pour cent comparée à la vitesse moyenne du vent non perturbé en un point situé au vent de la colline.

- La survitesse négative (diminution de la vitesse) sur la face au vent et à l'abri de la colline est de 20 à 40 pour cent, comparée avec la vitesse moyenne du vent non perturbé.

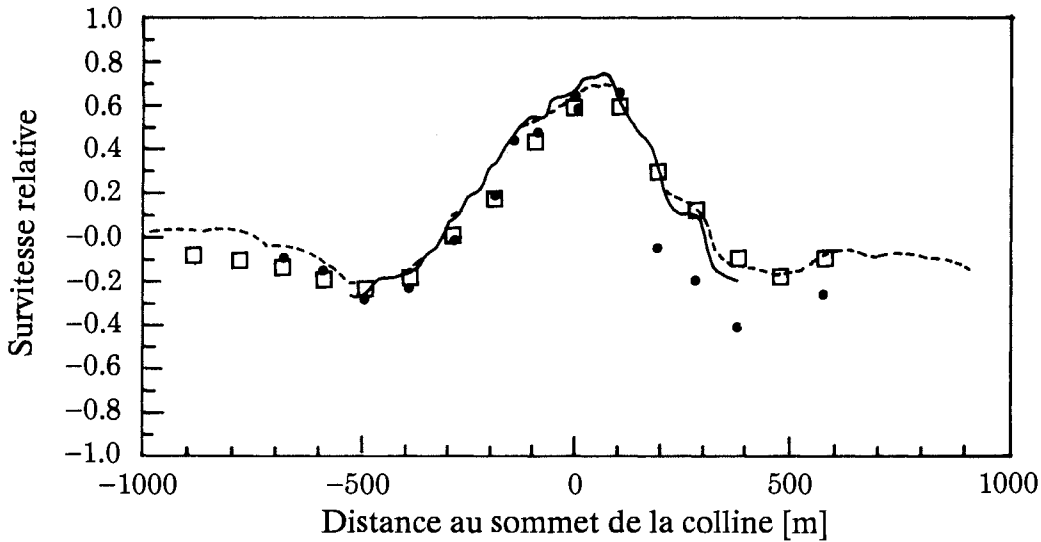


Figure 3.4: Coefficients relatifs de survitesse de l'écoulement à 10 mètres au-dessus du sol sur la colline d'Askervein. Les mesures sont indiquées sur la figure par des points tandis que les résultats du modèle orographique sont donnés par une ligne en trait plein et en tireté.

La figure 3.5 montre des profils de vent enregistrés simultanément au vent et au sommet de la colline d'Askervein. On peut noter que le profil vertical au vent de la colline est logarithmique tandis qu'au sommet de la colline le profil présente un coude à une hauteur ℓ à laquelle on obtient le maximum de survitesse relative. Au-dessus de ℓ , le profil est constant jusqu'à ce qu'il rencontre le profil au vent de la colline à une hauteur $2L$ où L est la longueur caractéristique de la colline définie généralement comme la demie largeur telle qu'illustrée par la figure 3.6. Dans Jensen et al. (1984) on peut trouver des expressions approximatives pour ΔS et ℓ :

$$\Delta S \approx 2 \frac{h}{L} \quad (3.7)$$

$$\ell \approx 0.3 \cdot z_0 \left(\frac{L}{z_0} \right)^{0.67} \quad (3.8)$$

Ces formules donnent souvent de bons résultats pour une colline dont la dimension perpendiculaire à la direction du vent est beaucoup plus grande que L de manière à considérer le problème sous une forme bidimensionnelle.

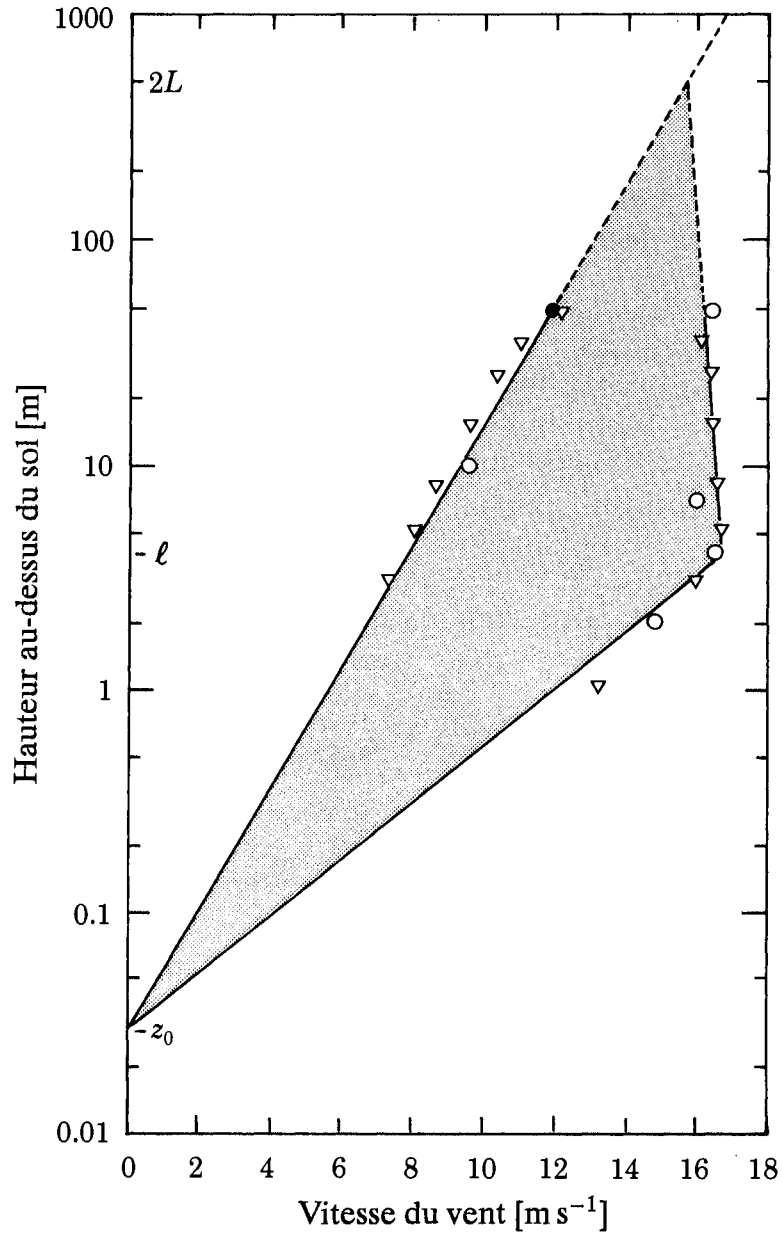


Figure 3.5: Profils de vent enregistrés simultanément au vent et au sommet de la colline d'Askervein (Jensen et al., 1984). Les symboles sur la figure représentent les mesures. Le profil au vent de la colline est représenté par la ligne située à gauche tandis que la ligne de droite donne le profil au sommet de la colline. Les deux échelles de longueur L et ℓ sont définies dans la figure 3.6.

Il est évident, à partir de l'exemple précédent, que la colline exerce une profonde influence sur l'écoulement, et ceci doit être pris en compte autant que possible avec le maximum de précautions. Mais on doit savoir que toute variation d'altitude influence l'écoulement: une augmentation de 5% de l'altitude peut avoir un impact de 5% sur la vitesse moyenne du vent – peut être au niveau du pylône de l'aérogénérateur – ce qui donnerait un accroissement de 15% de la puissance disponible. Il est souvent difficile – et impossible pour le cas d'un terrain complexe – d'utiliser des formules simples telles que les équations 3.7 et 3.8 pour déterminer les ressources éoliennes pour des sites spécifiques. Pour cette raison, il est nécessaire dans la plupart des cas d'utiliser des modèles numériques pour effectuer les calculs.

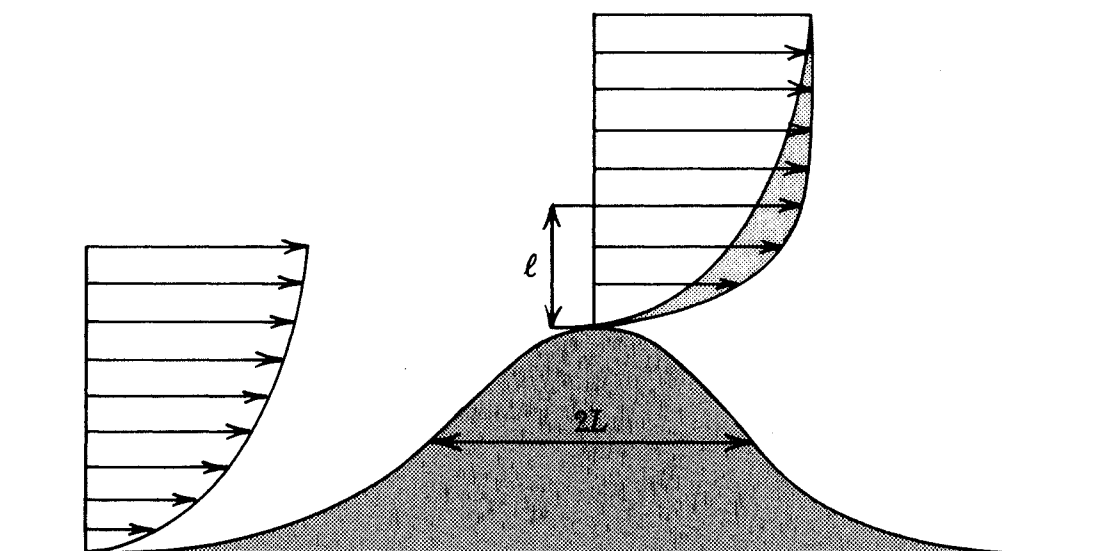


Figure 3.6: Ecoulement au-dessus d'une colline idéale où sont représentés les profils verticaux de vent au sommet et au vent de la colline. Les deux échelles de longueur qui caractérisent l'écoulement sont: L qui est une longueur caractéristique de la colline, définie ici, selon les normes courantes, comme sa demi-largeur à sa mi-hauteur; l représente la hauteur à laquelle se produit le maximum de survitesse relative.

A titre d'exemple, la figure 3.7 montre une vue en perspective de l'orographie de la station portugaise de Bragança. Les variations du profil de vent dans chaque secteur sont données dans la table 3.2 et ont été calculées par le modèle orographique de l'Atlas décrit dans le chapitre 8.

Dans certains cas, la signification précise de "hauteur au-dessus du sol" n'est pas évidente. En effet, dans le cas d'un aérogénérateur situé sur une petite colline à flancs raides et si on considère que la hauteur de cette colline est très petite devant la hauteur du pylône de l'aérogénérateur, alors la colline peut être considérée comme une sorte de socle et sa hauteur sera ajoutée à celle de l'axe. Mais, lorsqu'on suppose une augmentation sensible des dimensions latérales et verticales, la situation change et la hauteur à utiliser devient la hauteur au-dessus du sommet de la colline.

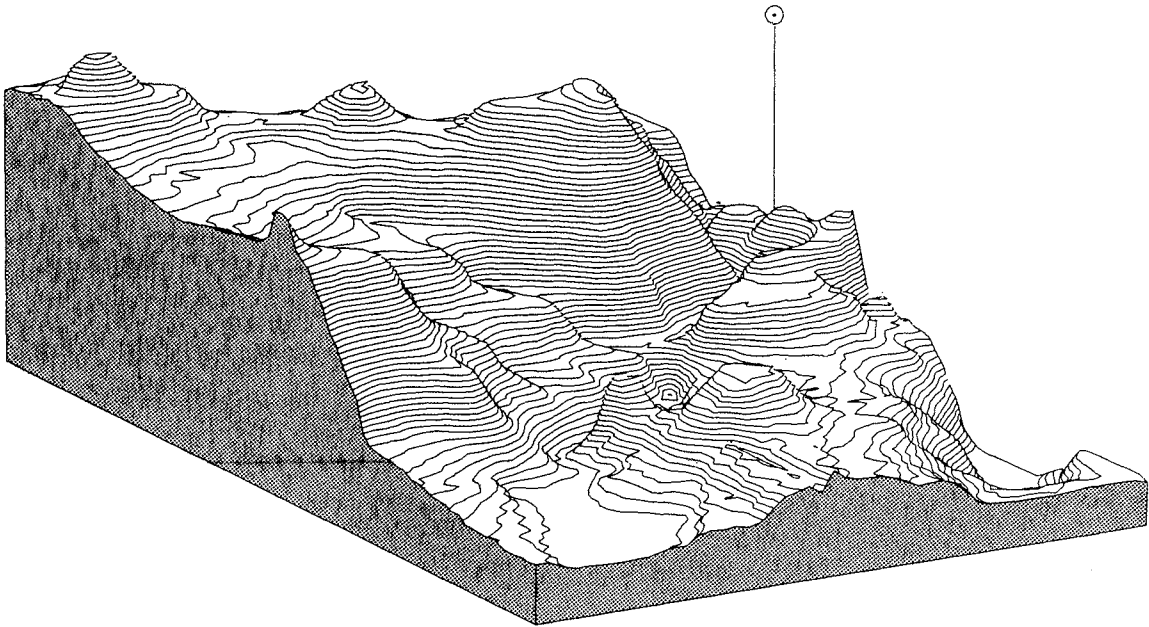


Figure 3.7: Vue en perspective du relief orographique à la station portugaise de Bragança.

Secteur												
z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
10	120	75	21	27	84	124	120	75	21	29	90	124
	-8	-19	-11	14	18	6	-8	-19	-11	15	19	6
25	68	35	8	14	47	71	68	39	8	14	49	71
	-7	-14	-6	10	13	4	-7	-14	-6	10	13	4
50	42	22	3	7	29	45	42	22	3	7	29	45
	-5	-10	-4	7	9	3	-5	-10	-4	7	10	3
100	22	9	0	2	15	20	22	9	0	2	15	25
	-4	-6	-2	5	6	1	-4	-6	-2	5	6	1
200	8	1	-2	0	7	10	8	1	-2	0	7	10
	-2	-3	0	3	3	0	-2	-3	0	3	3	0

Tableau 3.2: Résultats de la station de Bragança obtenus à l'aide du modèle orographique. Pour chaque secteur et pour les cinq hauteurs standard, la table donne aussi bien les accroissements ou les diminutions de vitesse en pour cent (première ligne) que la variation de la direction du vent en degrés (deuxième ligne).

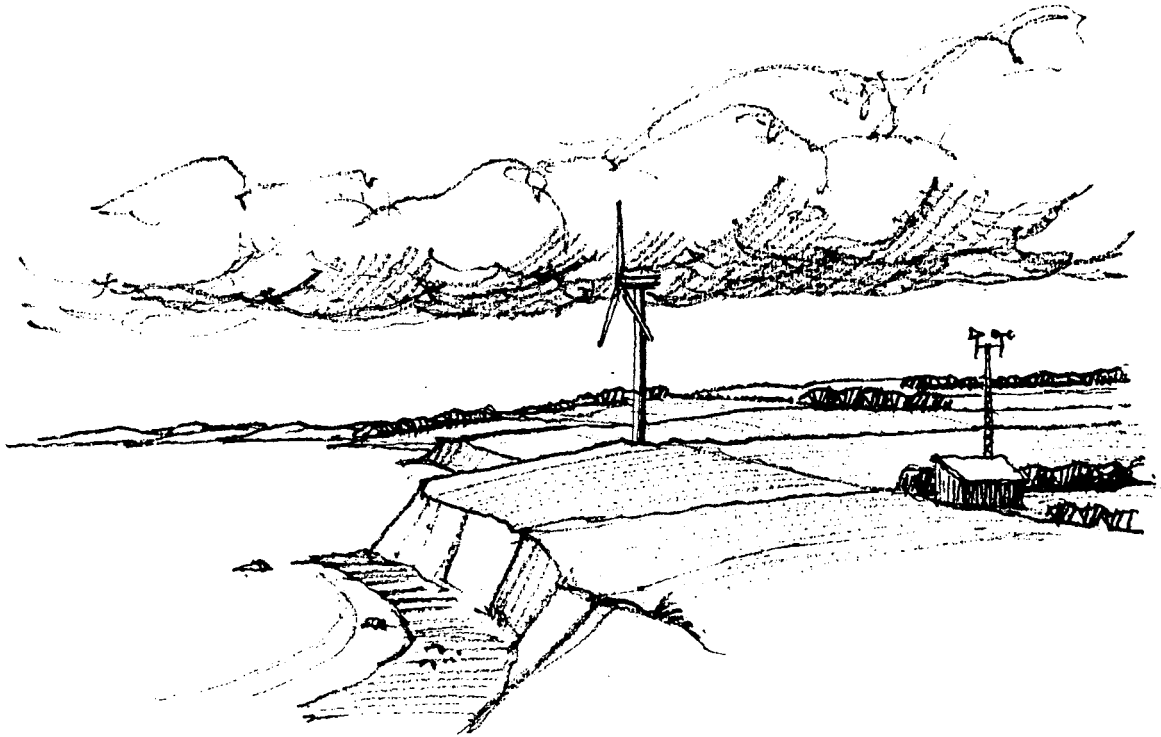


Figure 3.8: Installation d'un aérogénérateur au voisinage d'un escarpement.

La figure 3.8 montre un autre exemple d'un aérogénérateur construit au voisinage d'un escarpement. Pour des vents venant de la mer, on est tenté d'utiliser la hauteur du pylône par rapport au niveau de la mer. Mais, ceci est complètement erroné car le vent a été influencé par la présence de la falaise avant d'atteindre le continent, et la hauteur en question est bien la hauteur au-dessus du sol.

Chapitre 4

Potentiel régional d'énergie éolienne

L'évaluation régionale des ressources énergétiques éoliennes est définie comme étant l'estimation du potentiel énergétique d'un grand nombre d'aérogénérateurs répartis sur une région donnée. Une telle investigation peut être réalisée à différents niveaux de perfectionnement. De façon idéale, cette évaluation doit être basée sur l'évaluation des sites pour un grand nombre d'installations spécifiques.

La figure 4.1 montre un exemple d'étude d'évaluation très détaillée. L'objectif consistait à trouver le nombre d'aérogénérateurs qui pourraient être installés au Danemark à 50 mètres de hauteur. La classification de la rugosité a nécessité l'utilisation de 100 cartes topographiques à l'échelle 1:50 000 pour couvrir le pays tout entier. Parallèlement à l'objectif général, les cartes ont été utilisées en vue d'identifier des sites pour l'installation aussi bien d'aérogénérateurs individuels que d'un ensemble d'aérogénérateurs pour exploiter des fermes agricoles.

A l'évidence, dans le cas des vastes régions, la préparation des cartes de classification de la rugosité telles que le montre la figure 4.1 constitue une tâche fastidieuse. Par conséquent, dans la représentation des ressources éoliennes régionales, les détails locaux ne doivent normalement pas être pris en considération.

4.1 Utilisation des cartes de ressources éoliennes

Les cartes présentées dans le chapitre 2 montrent la variation des ressources éoliennes sur de vastes régions homogènes. Dans les régions relativement non accidentées, les cartes peuvent être utilisées en combinaison avec la table de la figure 2.3 pour l'évaluation des ressources régionales et les calculs de production d'énergie moyenne des aérogénérateurs individuels.

Les cartes avec leurs légendes donnent la vitesse moyenne du vent et la densité de puissance moyenne à une hauteur de 50 mètres pour cinq différentes situations topographiques. A l'aide des figures 4.2 et 4.3 il est possible d'estimer la vitesse moyenne du vent et la densité de puissance moyenne à des hauteurs comprises entre 10 et 200 mètres pour des terrains homogènes et pour chacune des quatre classes de rugosité. Les figures donnent les facteurs de conversion f_u et f_E qui concernent respectivement la vitesse moyenne du vent et la puissance moyenne. Ces facteurs



Figure 4.1: Exemple de réalisation d'une carte de classification de rugosité sur laquelle sont représentés les brise-vent, groupes d'arbres, fermes, villages et les plantations. La carte couvre approximativement une superficie de 22×28 km (Planstyrelsen, 1981).

doivent être multipliés par les valeurs lues sur la figure 2.3 dans la colonne correspondant à la rugosité de classe 1 (plaine dégagée). La méthode est illustrée par les deux exemples suivants:

Exemple 4.1 La figure 2.3 donne une densité de puissance moyenne $E(50)$ de 300 Wm^{-2} approximativement au-dessus d'une vaste plaine dégagée du Nord de l'Allemagne. Si on veut estimer la densité de puissance à une hauteur de 40 m, la figure 4.2 donne un facteur de conversion de 0.9, et ainsi la densité de puissance à 40 mètres devient égale $\approx 270 \text{ Wm}^{-2}$.

Exemple 4.2 La carte des ressources éoliennes de l'Irlande montre une densité de puissance moyenne de 500 Wm^{-2} approximativement au dessus d'un terrain de rugosité de classe 1. La puissance disponible pour un aérogénérateur installé à 50 mètres de hauteur ayant un rotor de 50 m de diamètre est ainsi de $500 \text{ Wm}^{-2} \times$ surface de balayage du rotor $\approx 980 \text{ KW}$, ce qui correspond à 8.6 GWh/année.

Cependant, un aérogénérateur ne peut utiliser toute l'énergie contenue dans le vent. Les considérations aérodynamiques donnent une efficacité théorique de conversion de 59 pour cent, connue sous le nom de *limite de Betz* (Betz, 1920). En pratique, il n'est possible de convertir que 20–30 pour cent de la puissance disponible; pour des estimations empiriques, on peut retenir une valeur raisonnable de 25 pour cent.

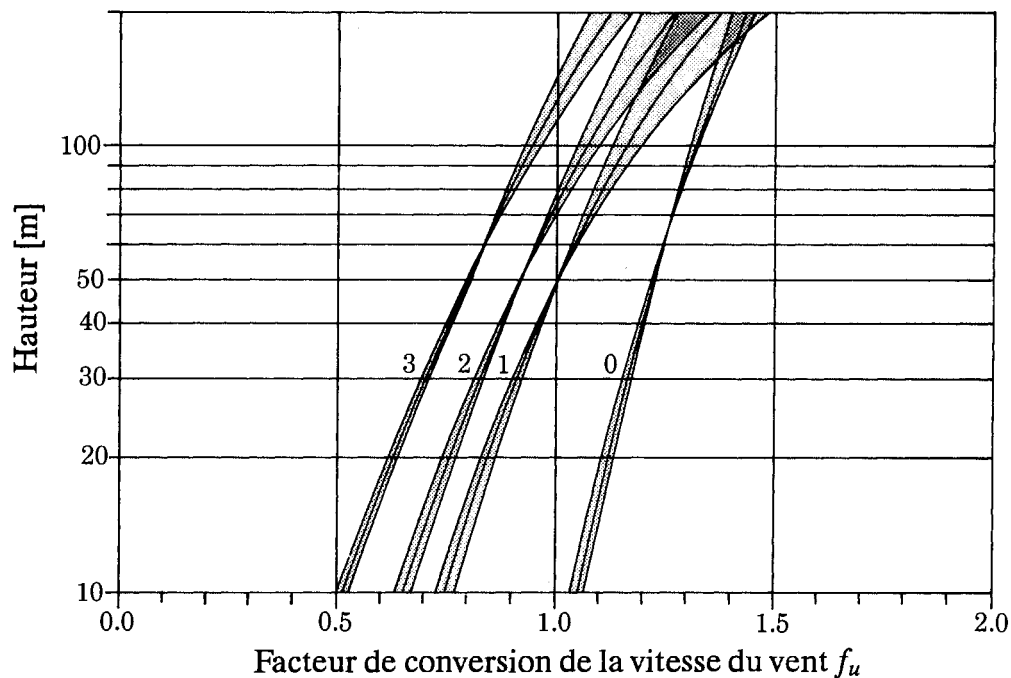


Figure 4.2: Facteur de conversion de la vitesse moyenne du vent, f_u . Valeur à utiliser en combinaison avec les cartes de ressources éoliennes du chapitre 2 pour estimer la vitesse moyenne du vent à des hauteurs comprises entre 10 et 200 mètres au dessus d'un terrain homogène caractérisé par l'une des quatre classes de rugosité. La valeur de référence (50 mètres de hauteur, classe de rugosité 1) est indiquée par un cercle. La zone grisée indique l'incertitude due aux différences climatiques en Europe.

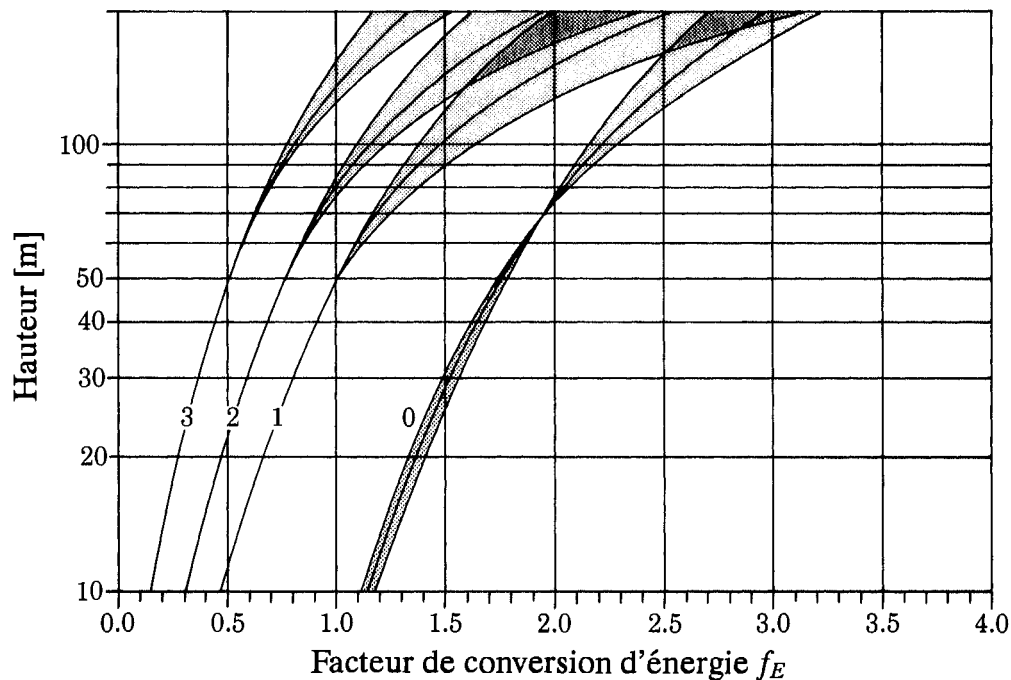


Figure 4.3: Facteur de conversion de l'énergie moyenne du vent, f_E . Valeur à utiliser en combinaison avec les cartes de ressources éoliennes du chapitre 2 pour estimer la densité de puissance moyenne du vent à des hauteurs comprises entre 10 et 200 mètres au dessus d'un terrain homogène caractérisé par l'une des quatre classes de rugosité. La valeur de référence (50 mètres de hauteur, classe de rugosité 1) est indiquée par un cercle. La zone grisée indique l'incertitude due aux différences climatiques en Europe.

Ainsi, la production d'énergie moyenne est estimée à 2.2 GWh par année environ. Lorsque les cartes sont utilisées dans les régions côtières et montagneuses, on doit tenir compte des considérations particulières décrites ci-dessous.

Zones côtières

Lorsque l'air se déplace de la mer vers la terre ou vice versa, on retient deux effets importants pour la climatologie des ressources éoliennes: la variation de la rugosité et les propriétés thermiques de la surface. Bien loin de la côte, la climatologie du vent est du type soit maritime soit continental, mais entre ces deux types il s'agit plutôt d'un régime mixte. La largeur de la zone côtière varie en fonction du climat et de la topographie existante. Dans l'Atlas Eolien, on considère que cette zone a une largeur de 10 km de part et d'autre de la côte.

Les figures 4.4 et 4.5 montrent la variation de la densité d'énergie à une hauteur de 50 mètres calculée pour deux zones côtières différentes. La variation est donnée en fonction de la distance de part et d'autre de la côte. La côte de la mer du Nord en Hollande et la côte méditerranéenne en France sont prises comme exemples. Généralement la forme des courbes dépend aussi bien de la position géographique et de l'orientation de la côte que de la classe de rugosité du terrain de la zone côtière. Les conditions d'une zone côtière spécifique peuvent être estimées par les procédures de calcul du choix de site présentées dans le chapitre suivant.

Dans le premier exemple, relatif à une zone côtière de la mer du Nord en Hollande, il apparaît que le changement en condition de grand large se produit à plus de ≈ 10 km tandis que les conditions continentales sont atteintes brusquement vers ≈ 4 km. Le deuxième exemple montre les conditions rencontrées sur deux zones côtières françaises en Méditerranée dans une région fortement influencée par le Mistral. Les deux côtes sont respectivement perpendiculaire et parallèle au Mistral.

La brise de mer ou la brise de terre sont des phénomènes communs dans beaucoup de régions côtières. La *brise de mer* est un vent local qui souffle de la mer vers le continent. Elle est due à la différence de température lorsque la mer est plus froide que la terre. Aussi, elle souffle généralement pendant les journées ensoleillées relativement calmes d'été. La *brise de terre* généralement plus faible est un vent de direction opposée à la brise de mer et souffle durant la nuit. Compte-tenu des vitesses relativement basses qui sont associées aux brises de mer et de terre, leur apport au potentiel d'énergie éolienne en zone côtière est faible.

Régions montagneuses

La correspondance entre les divers niveaux de relief relatif illustrés par les cartes de ressources et les cinq types de terrain des figures 1.6–1.10 a été expliquée dans le chapitre 2. Il a été également noté que les cartes peuvent être utilisées directement pour des terrains de type 1 et 2, avec certaines précautions lorsqu'il s'agit de grandes plaines ou de vallées de type 3 et 4, mais ne sont pas applicables au type 5. Pour ce dernier type, il est nécessaire de trouver, parmi les statistiques des stations, une station qui peut être représentative de la région considérée. Pour les types 3 et 4, il est

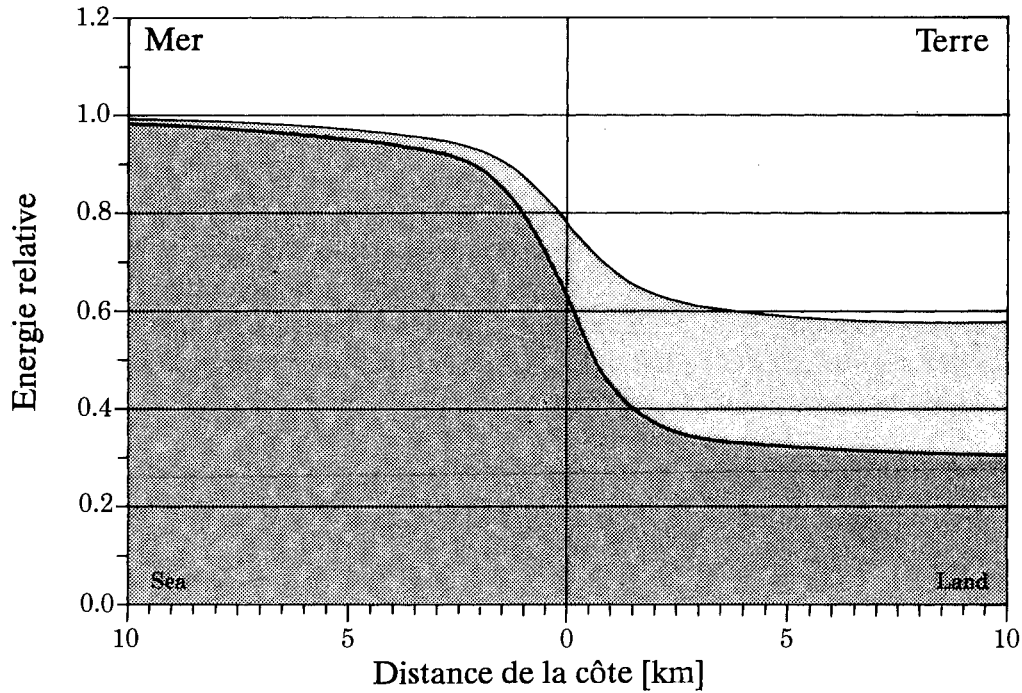


Figure 4.4: Densité d'énergie moyenne à une hauteur de 50 m calculée en fonction de la distance à la côte de la mer du Nord en Hollande pour deux classes de rugosité différentes. La côte est orientée SW-NE et le terrain est de rugosité de classe 1 (courbe supérieure) et de rugosité de classe 3 (courbe inférieure).

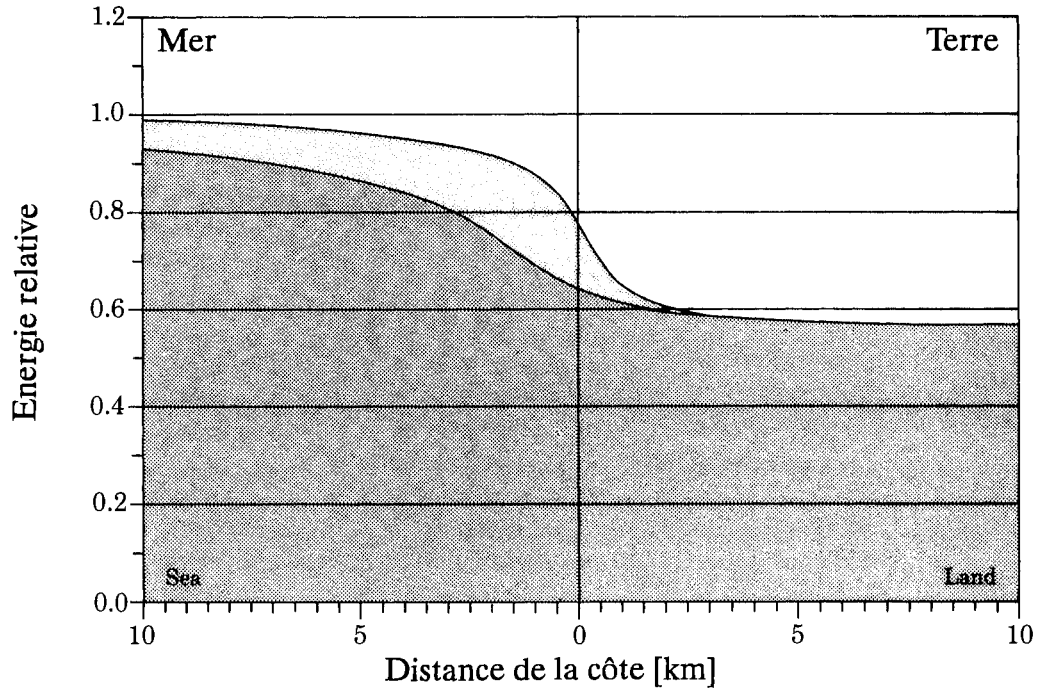


Figure 4.5: La densité d'énergie moyenne à une hauteur de 50 m calculée pour deux zones côtières en fonction de la distance à la mer Méditerranée. Les deux zones côtières sont situées dans la région influencée par le Mistral; l'une est perpendiculaire (courbe inférieure) tandis que l'autre est parallèle (courbe supérieure) à la côte. Le terrain est de classe de rugosité 1.

aussi conseillé d'examiner avec soin les statistiques d'autres stations qui pourraient être plus représentatives. En règle générale, l'estimation des ressources éoliennes en terrain montagneux ne peut être effectuée qu'à l'aide d'un modèle orographique numérique. Des exemples de calculs de ressources dans un terrain accidenté sont donnés au prochain chapitre, paragraphe 5.4.

La figure 4.6 montre une vue en perspective de l'emplacement de la station française du Mont Aigoual dans le Massif Central. Les statistiques de cette station ainsi que des stations similaires sont relativement difficiles à appliquer dans l'évaluation des ressources régionales, sauf lorsqu'il s'agit de les utiliser comme référence pour des sites ayant un environnement identique.

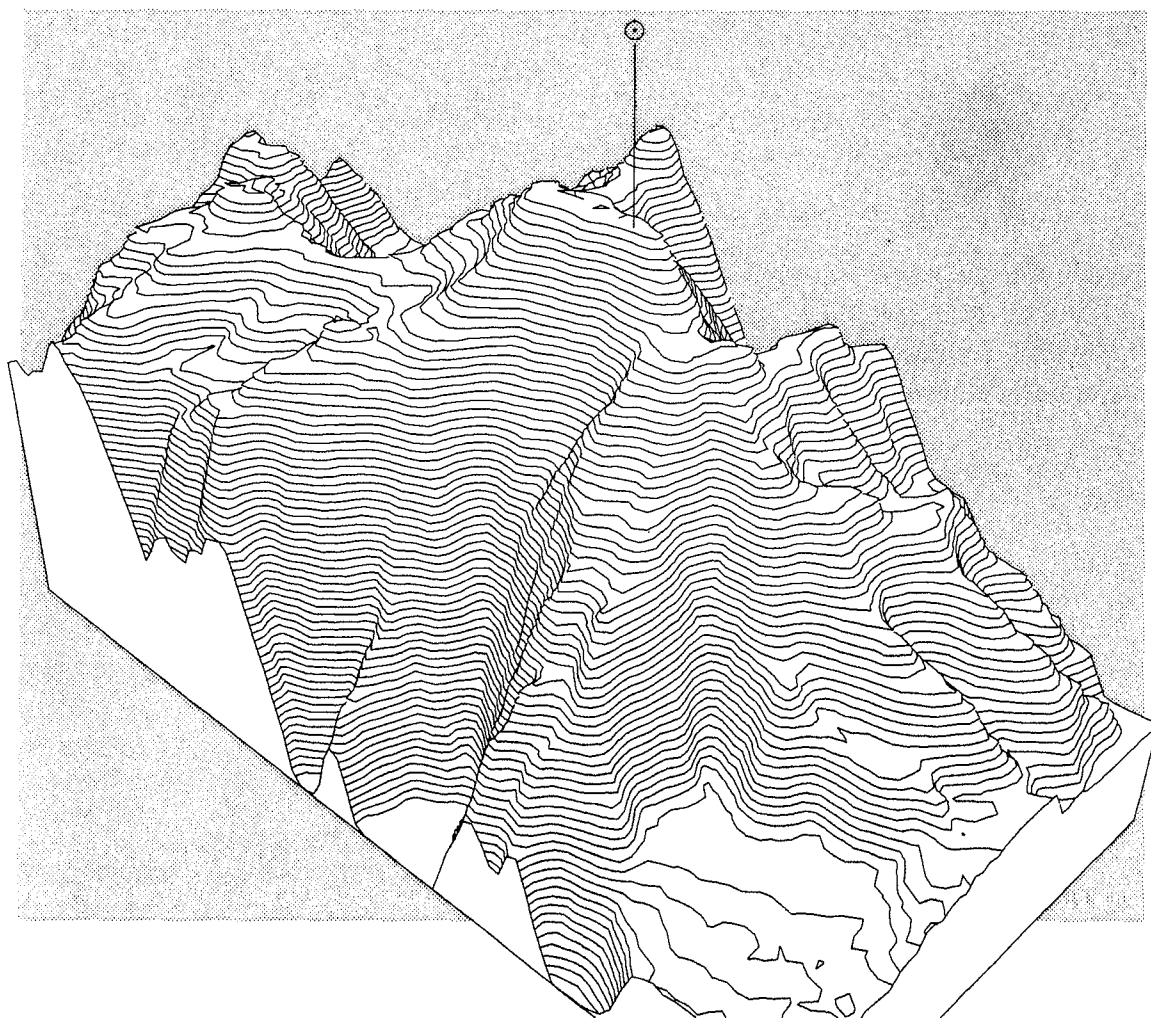


Figure 4.6: Vue en perspective de la station française du Mont Aigoual.

L'orographie donne naissance à beaucoup de vent locaux tels que: effet de föhn, vent de vallée, vent de montagne et vent catabatique. Ces vents peuvent donner des potentiels d'énergie éolienne appréciables, fonctions de leur importance et de leur fréquence d'occurrence. Cependant, avant d'utiliser de tels potentiels, il est utile de vérifier les ressources prévues par des mesures de vent in situ, sachant que la fréquence d'occurrence des vents forts est généralement exagérée par le folklore local.

Chapitre 5

Choix des sites

Pour l'objet de cet Atlas, le *siting* est défini comme étant *l'estimation de la puissance moyenne produite par un aérogénérateur donné pour un ou plusieurs sites spécifiques*.

Une procédure complète de siting doit tenir compte de la disponibilité des lignes d'énergie et des transformateurs, de l'utilisation présente et future des sols, etc ...; ces aspects ne sont cependant pas pris en considération ici.

Une procédure de siting comporte quelques unes ou l'ensemble des étapes suivantes:

- sélection d'une climatologie régionale du vent appropriée
- détermination de l'influence de la rugosité du terrain environnant
- détermination de l'influence des obstacles avoisinants
- détermination de l'effet orographique local
- calcul de la distribution de Weibull
- calcul de la puissance moyenne en utilisant la distribution de Weibull et la courbe de puissance de l'aérogénérateur.

5.1 Sélection d'une climatologie du vent pour un site donné

Le choix d'une climatologie régionale du vent appropriée pour un site donné consiste à choisir les statistiques convenables parmi les stations analysées.

Il est préférable de choisir une station dont les conditions topographiques sont relativement similaires à celles du site. Cette considération est particulièrement importante dans le cas des régions montagneuses et côtières. La station choisie ne devrait pas être située à plus de 100 km du site, dans la mesure du possible.

Les calculs de puissance pour des sites de type 5 seront vraisemblablement imprécis et il est recommandé que le site considéré ainsi que la station sélectionnée soient situés sur des terrains aussi similaires que possible. Cependant, comme signalé précédemment, le siting en régions accidentées et montagneuses peut être réalisé par ordinateur à l'aide d'un modèle numérique orographique.

La qualité des statistiques d'une station peut être jugée à partir de l'information donnée par l'ensemble des statistiques de la station:

- description des conditions locales de chaque station
- statistiques des données de base
- empreinte climatologique du vent.

Les descriptions pourraient mettre en relief des problèmes liés à la qualité des données, par exemple lorsque que les mesures ont été faites au sommet d'une construction ou au voisinage d'obstacles significatifs.

Les statistiques des données brutes peuvent faire ressortir également des anomalies telles que la canalisation de l'écoulement donnant de très grandes fréquences d'occurrence dans certains secteurs de direction, le plus souvent dans deux secteurs diamétralement opposés. A titre d'exemple, on peut citer la station de Fort Augustus (Royaume Uni) dont les statistiques montrent clairement l'effet de la Great Glen Vallée sur l'écoulement. En outre, les effets d'obstacles importants donnant lieu à de grandes fréquences de vent en dessous de 1 m s^{-1} peuvent être mis en relief par ces statistiques.

Les empreintes de la climatologie du vent peuvent être utilisées pour contrôler si certaines caractéristiques – telles que les variations journalière et annuelle – sont en accord avec l'expérience. Le graphe des moyennes mensuelles sur toute la période de mesure peut être interprété comme une tendance possible de la série.

Dans la mesure du possible, lorsqu'il s'agit de siting, on devrait éviter l'utilisation des stations fortement influencées par les obstacles. Pour les sites où une forte canalisation de l'écoulement est observée, on peut utiliser la station de radiosondage la plus proche. Un exemple est donné dans le chapitre 9 (Tableau 9.1) où les statistiques de la station de radiosondage de Stornoway sont utilisées pour déduire les caractéristiques climatiques du vent à Fort Augustus.

Des stations qui sont considérées représentatives de la même climatologie du vent font l'objet d'une comparaison dans le chapitre 9. Les résultats peuvent être utilisés pour juger de l'applicabilité d'une station pour le siting dans une région donnée.

5.2 Classification de rugosité et calcul des statistiques d'un site donné

La classification de rugosité du terrain d'un site donné consiste à attribuer des longueurs ou classes de rugosité adaptées aux divers types de surface autour du site. L'horizon est d'abord divisé en douze secteurs de 30 degrés chacun, et la classification est ensuite effectuée secteur par secteur. Si la classification est faite en termes de classes de rugosité, les distributions de Weibull correspondantes se trouvent dans les statistiques régionales. Si le terrain est de la même classe de rugosité pour tous les secteurs, les statistiques sont obtenues directement à partir des colonnes *Total*. Le plus souvent la rugosité d'un terrain n'est pas la même dans toutes les directions et les statistiques doivent être disponibles pour chaque secteur avec la classe de rugosité correspondante. Puis, les statistiques de chaque secteur doivent être combinées en une statistique globale, c.a.d une fonction de distribution de Weibull du site. Des méthodes sont présentées au paragraphe suivant pour déterminer l'effet de variation des classes de rugosité d'un secteur à un autre et à l'intérieur d'un ou de plusieurs secteurs.

Si une longueur de rugosité a été choisie et si elle ne correspond pas à une classe de rugosité (classe 1: $z_0 = 0.03$ m, classe 2: $z_0 = 0.10$ m, classe 3: $z_0 = 0.40$ m), les paramètres de Weibull sont obtenus par interpolation ou extrapolation des valeurs tabulées. Ceci s'applique quand on attribue une rugosité au dessus d'une surface *continentale*. La rugosité de classe 0 ($z_0 = 0.0002$ m) se rapporte à des conditions au dessus d'un *plan d'eau*: si on attribue à une surface continentale une longueur de rugosité plus petite que la valeur de 0.03 m de la classe 1, les paramètres de Weibull correspondants sont obtenus par extrapolation en utilisant les valeurs de classe de rugosité 1 et 2. Pour des valeurs de longueur rugosité plus grandes que 0.4 m, les paramètres de Weibull sont obtenus par extrapolation des valeurs des classes 2 et 3. Pour une longueur de rugosité choisie z'_0 , un facteur de pondération W est calculé:

$$W = \frac{\ln(z_{0b}/z'_0)}{\ln(z_{0b}/z_{0a})} \quad (5.1)$$

où $z_{0a} = 0.03$ m et $z_{0b} = 0.10$ m si $z'_0 < 0.10$ m, et $z_{0a} = 0.10$ m et $z_{0b} = 0.40$ m si $z'_0 > 0.10$ m. Les paramètres de Weibull sont donc:

$$\begin{aligned} A' &= WA_a + (1 - W)A_b \\ k' &= Wk_a + (1 - W)k_b \\ f' &= Wf_a + (1 - W)f_b \end{aligned} \quad (5.2)$$

où les indices a et b se rapportent aux valeurs tabulées des deux rugosités, respectivement z_{0a} et z_{0b} .

De la même façon, l'interpolation ou l'extrapolation à une hauteur différente des valeurs tabulées peut être faite en utilisant l'équation 5.2 avec $W = \ln(z_b/z)/\ln(z_b/z_a)$, où les indices a et b se rapportent à des hauteurs tabulées z_a et z_b , z_b étant la plus grande des deux.

Calcul de la densité de puissance moyenne

La puissance moyenne du vent pour des régions d'une classe de rugosité spécifique est donnée directement par les cartes de ressources éoliennes du chapitre 2. Il a été montré au chapitre 4 comment les cartes peuvent être utilisées pour les évaluations des ressources régionales. Cependant, pour des évaluations locales comme par exemple des comparaisons entre les différents sites possibles dans une région, il est souvent nécessaire de faire les calculs en utilisant les statistiques de la station la plus appropriée.

La densité de puissance moyenne du vent E , qui est égale au flux moyen d'énergie cinétique par unité de surface perpendiculaire à l'écoulement, est donnée par (voir Chapitre 8):

$$E = \frac{1}{2} \rho u^3 \quad (5.3)$$

où ρ est la densité moyenne de l'air¹, et u^3 est la valeur moyenne du cube de la vitesse du vent. La puissance moyenne peut être exprimée à l'aide des paramètres de Weibull A et k :

$$E = A^3 F_E(k) \quad (5.4)$$

La fonction $F_E(k)$ est tabulée en Annexe B, Table B.2, et E peut ainsi être calculée pour chaque secteur de direction. La puissance totale moyenne est alors donnée par la somme pondérée:

$$E = f_1 E_1 + f_2 E_2 + \dots + f_{12} E_{12} \quad (5.5)$$

dans laquelle f_1, f_2, \dots, f_{12} sont les fréquences d'occurrence pour chaque secteur, et E_1, E_2, \dots, E_{12} sont les puissances moyennes des douze secteurs calculées à partir de l'équation 5.4.

Dans des situations où la classe de rugosité n'est pas la même dans tous les secteurs, la somme des fréquences associées aux statistiques des stations n'est pas exactement égale à 100%. Ceci parce que l'angle entre le vent géostrophique et le vent de surface dépend de la rugosité de surface telle que décrite dans le chapitre 8. L'écart est assez faible et peut souvent être négligé. Dans les exemples suivants, il est pris en compte après normalisation par:

$$E = \frac{\sum f_i E_i}{\sum f_i} \quad (5.6)$$

¹De façon plus correcte, ρ devrait avoir la valeur $\overline{\rho u^3 / u^3}$, où la barre indique une moyenne dans le temps. Les valeurs de ρ pour plusieurs gammes de température et d'altitude sont données en Annexe B, Table B.1.

Exemple 5.1 Calculer la densité de puissance moyenne à une hauteur de 50 mètres pour un site au large des côtes au Nord Ouest de la Hollande. L'information requise est extraite des statistiques de la station d'*Eelde*, résumée dans le tableau 5.1.

Tableau 5.1: Schéma de calcul de la densité de puissance moyenne.

Secteur	C.Rug.	<i>A</i>	<i>k</i>	<i>f</i>	<i>E</i>
1	0	8.7	2.58	5.6	436
2	0	8.0	2.47	6.5	348
3	0	9.3	2.25	7.7	587
4	1	7.3	2.40	9.0	270
5	1	6.6	2.38	6.8	201
6	1	6.7	2.22	5.6	222
7	1	8.1	2.14	8.7	405
8	1	8.9	2.27	12.3	511
9	1	8.7	2.31	14.4	470
10	0	10.4	2.22	11.2	830
11	0	9.6	2.14	7.7	674
12	0	9.5	2.49	6.1	580

$$E = \frac{\sum f_i E_i}{\sum f_i} = \frac{489}{1.02} = 479 \text{ Wm}^{-2}$$

Dans l'exemple 5.2 du paragraphe suivant, cette évaluation est comparée avec les estimations correspondantes obtenues à partir de quatre stations néerlandaises avoisinantes.

Calcul des paramètres de Weibull

Les paramètres de Weibull correspondant à la situation dans laquelle la rugosité n'est pas la même dans tous les secteurs peuvent être calculés avec une bonne approximation en utilisant les valeurs moyennes de la vitesse et de son carré.

$$M = A \cdot \Gamma \left(1 + \frac{1}{k} \right)$$
$$u^2 = A^2 \cdot \Gamma \left(1 + \frac{2}{k} \right)$$

(5.7)

où *M* est la valeur moyenne, *u*² la valeur moyenne du carré de la vitesse dans la distribution de Weibull avec les paramètres *A* et *k*, et Γ est la fonction gamma, voir le paragraphe 8.6 pour les définitions. En utilisant ces équations, *M* et *u*² peuvent

être déterminés pour chaque secteur. Les valeurs pour la distribution totale sont ainsi données par les sommes pondérées:

$$\begin{aligned} M &= f_1 M_1 + f_2 M_2 + \cdots + f_{12} M_{12} \\ u^2 &= f_1 u_1^2 + f_2 u_2^2 + \cdots + f_{12} u_{12}^2 \end{aligned} \quad (5.8)$$

Les paramètres de Weibull correspondant à la distribution totale peuvent donc être estimés en utilisant les expressions:

$$\frac{M^2}{u^2} = \frac{\Gamma^2 \left(1 + \frac{1}{k}\right)}{\Gamma \left(1 + \frac{2}{k}\right)} \quad \text{et} \quad M = A \cdot \Gamma \left(1 + \frac{1}{k}\right) \quad (5.9)$$

où A et k représentent maintenant les paramètres de la distribution totale. Pour permettre d'effectuer des applications pratiques, les solutions de ces équations sont tabulées en Annexe B, Tables B.5 et B.6. De la même manière, la fonction gamma est tabulée et présentée dans les tables B.3 et B.4 pour la gamme de valeurs utiles.

La procédure pour déterminer les paramètres de Weibull pour la distribution totale peut être résumée par les étapes suivantes:

1. Déterminer A , k et f pour chaque secteur.
2. Déterminer $F_M(k)$ en utilisant la Table B.3 pour chaque secteur; puis multiplier par la valeur de A de ce secteur pour obtenir M_1, M_2, \dots, M_{12} .
3. Déterminer u^2 pour chaque secteur (c.a.d $u_1^2, u_2^2, \dots, u_{12}^2$) à l'aide de $F_u(k)$ de la Table B.4 et $u^2 = A^2 \cdot F_u(k)$.
4. Calculer la somme pondérée des valeurs moyennes et de la moyenne des carrés pour obtenir les valeurs moyennes de M et u^2 pour la distribution totale.
5. Calculer M^2/u^2 et utiliser la valeur dans la Table B.5 pour obtenir le paramètre k de la distribution totale.
6. Utiliser k de l'étape 5 dans la Table B.6 pour obtenir $F_A(k)$ et utiliser $A = M \cdot F_A(k)$, avec M obtenu dans l'étape 4, pour trouver A de la distribution totale.

Ces calculs sont facilement exécutés comme le montrent les exemples suivants.

Exemple 5.2 Considérer la situation de l'exemple précédent et calculer les paramètres de Weibull pour la distribution de vitesse de vent.

L'information obtenue des statistiques de la station de *Eelde* est donnée dans la Table 5.2 et la procédure décrite précédemment est résumée au bas de la table.

Tableau 5.2: Schéma de calcul des paramètres de Weibull pour la distribution totale.

Secteur	C.Rug.	A	k	f	M	u^2
1	0	8.7	2.58	5.6	7.7	70.0
2	0	8.0	2.47	6.5	7.1	59.8
3	0	9.3	2.25	7.7	8.2	82.9
4	1	7.3	2.40	9.0	6.5	50.1
5	1	6.6	2.38	6.8	5.9	41.1
6	1	6.7	2.22	5.6	5.9	43.2
7	1	8.1	2.14	8.7	7.2	63.9
8	1	8.9	2.27	12.3	7.9	75.7
9	1	8.7	2.31	14.4	7.7	71.9
10	0	10.4	2.22	11.2	9.2	104.1
11	0	9.6	2.14	7.7	8.5	89.8
12	0	9.5	2.49	6.1	8.4	84.1

$$M = \frac{\sum M_i f_i}{\sum f_i} = \frac{7.74}{1.02} = 7.6$$
$$u^2 = \frac{\sum u_i^2 f_i}{\sum f_i} = \frac{72.8}{1.02} = 71.4$$
$$\frac{M^2}{u^2} = 0.809$$
$$k = F_k(0.809) = 2.17 \quad (\text{Table B.5})$$
$$A = M \cdot F_A(2.17) = 8.6 \quad (\text{Table B.6})$$

La Table B.2 peut alors être utilisée pour estimer la densité de puissance disponible:

$$E = A^3 F_E(k) = 8.6^3 F_E(2.17) = 4195 \text{ kWh m}^{-2} \text{ y}^{-1} = 479 \text{ Wm}^{-2}$$

Comme prévu, le résultat est le même que celui obtenu dans l'exemple 5.1.

En faisant les mêmes calculs avec les statistiques des stations les plus proches, Schipol, Leeuwarden et Texel, on obtient les résultats présentés dans le Tableau 5.3. Ce tableau montre que les valeurs sont assez proches les unes des autres.

Il faut noter que la procédure décrite dans ce paragraphe suppose que la distribution totale correspond à la distribution statistique de Weibull; donc plus faible est la ressemblance, moins bonne est la fiabilité des calculs.

Dans ce paragraphe, on a vu comment estimer les paramètres de Weibull dans les cas où la classe de rugosité varie selon les secteurs.

Tableau 5.3: Estimation de la vitesse moyenne du vent, de la densité de puissance moyenne et des paramètres de Weibull à une hauteur de 50 mètres sur un site sur la côte de la Mer du Nord en Hollande. Les calculs sont effectués à l'aide des statistiques de quatre stations Néerlandaises.

Station	M ms^{-1}	A ms^{-1}	k	E Wm^{-2}
Eelde	7.6	8.6	2.17	479
Schiphol	7.6	8.6	2.17	480
Leeuwarden	7.8	8.8	2.16	516
Texel	7.6	8.6	1.97	524

Cependant, il n'est pas rare de trouver des situations où le terrain n'est pas homogène dans un ou plusieurs secteurs, compte tenu des discontinuités marquées de la rugosité qui se produisent à une certaine distance du point concerné. Pour estimer les paramètres de Weibull dans de tels cas, on peut utiliser une méthode simple, basée sur des résultats expérimentaux qui mettent en évidence le développement d'une couche limite interne sous le vent de la discontinuité de rugosité du terrain. La hauteur de cette couche limite augmente en fonction de la distance sous le vent de la discontinuité. A l'intérieur de cette couche, la vitesse du vent dépend aussi bien de la rugosité du terrain en aval qu'en amont de la discontinuité.

La situation d'un changement de rugosité, illustrée par la figure 5.1, se présente donc comme suit: l'air passe au dessus d'une zone caractérisée par une rugosité z_{01} vers une autre zone de rugosité z_{02} . Dans la zone située au vent de la discontinuité et au-dessus de la couche limite interne, la vitesse du vent est déterminée à l'aide de la rugosité z_{01} . Dans la zone située sous le vent de la discontinuité et en dessous de la hauteur h , la vitesse du vent est égale à celle de la zone au vent de la discontinuité modifiée par un facteur qui dépend de la hauteur au dessus du sol, des deux rugosités et de la hauteur h . La valeur de la hauteur h peut être déterminée à l'aide du graphe de la figure 5.2 à partir de la courbe correspondant à la plus grande classe de rugosité. Alternativement, h peut être déterminée à partir de l'expression:

$$\frac{h}{z'_0} \left(\ln \frac{h}{z'_0} - 1 \right) = 0.9 \cdot \frac{x}{z'_0} \tag{5.10}$$
$$z'_0 = \max(z_{01}, z_{02})$$

Si la hauteur du pylône de l'aérogénérateur est plus grande que h , le terrain peut être considéré comme homogène tel qu'il est vu de l'aérogénérateur, et par conséquent il n'est pas nécessaire de prendre en compte le changement de rugosité. Par contre, si la hauteur du pylône de l'aérogénérateur est plus petite que h , les paramètres de Weibull doivent être modifiés de manière à tenir compte de l'effet de ce changement sur la distribution de la vitesse du vent. La procédure recommandée pour corriger le paramètre A de Weibull est la suivante:

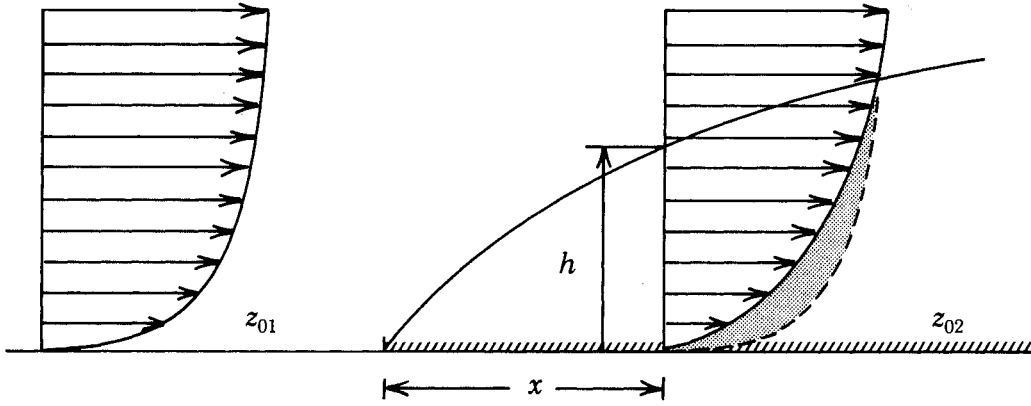


Figure 5.1: Exemple type d'une situation idéale d'un écoulement au-dessus d'une discontinuité marquée de rugosité, entre une zone de rugosité z_{01} et une autre zone de rugosité z_{02} . La figure montre les modifications que subit le profil vertical du vent à une distance x sous le vent de la discontinuité. La hauteur h de la couche limite interne est fonction de la distance x .

- déterminer les paramètres A et k pour les conditions en amont de la discontinuité, z_{01} , tel que décrit dans ce chapitre.
- déterminer la hauteur h de la couche limite interne à l'aide de l'équation 5.10 ou du graphe de la figure 5.2.
- si la hauteur du pylône est plus grande que h , aucune correction ne devrait être appliquée.
- si la hauteur du pylône est plus petite que h , le paramètre A déterminé pour les conditions en amont est corrigé en fonction des conditions du site:

$$A_{\text{site}(z_{02})} = A_{\text{amont}(z_{01})} \cdot \text{Cor} \quad (5.11)$$

$$\text{Cor} = \frac{\ln(z/z_{02}) \ln(h/z_{01})}{\ln(z/z_{01}) \ln(h/z_{02})}$$

Dans les cas où le terrain présente différentes discontinuités de rugosité en aval d'un terrain pratiquement homogène, la rugosité résultante en aval z_0^R peut être estimée à l'aide de la Table 5.4.

La procédure consiste à diviser le segment en quatre parties ayant approximativement la même rugosité, et la Table 5.4 donne la longueur de rugosité globale du terrain en fonction du nombre de quarts de chacune des classes de rugosité rencontrées.

Tableau 5.4: Longueurs de rugosité pondérées en fonction de la surface, z_0^R . La surface est divisée par quatre et chaque quart est classé en accord avec la classification de rugosité de l'Atlas Eolien. z_0^R est donné en fonction du nombre de quarts de chaque classe de rugosité de la surface.

Classe:	0	1	2	3	z_0^R
z_0 [m]:	0.0002	0.03	0.10	0.40	[m]
	3	1			0.001
	3		1		0.002
	3			1	0.003
	2	2			0.004
	2	1	1		0.006
	2	1		1	0.010
	2		2		0.009
	2		1	1	0.015
	2			2	0.025
	1	3			0.011
	1	2	1		0.017
	1	2		1	0.027
	1	1	2		0.024
	1	1	1	1	0.038
	1	1		2	0.059
	1		3		0.033
	1		2	1	0.052
	1		1	2	0.079
	1			3	0.117
		3	1		0.042
		3		1	0.064
		2	2		0.056
		2	1	1	0.086
		2		2	0.127
		1	3		0.077
		1	2	1	0.113
		1	1	2	0.163
		1		3	0.232
			3	1	0.146
			2	2	0.209
			1	3	0.292

Une fois le secteur divisé, on doit garder à l'esprit que les surfaces proches du site exerceront la plus grande influence sur la vitesse du vent. En utilisant le principe illustré par la figure 5.3, un plus grand poids est attribué aux surfaces voisines lorsque chacune des zones I, II, III, et IV ont la même importance. Ainsi, si les zones I, II, III et IV sont respectivement de classe 0, 1, 2 et 3, la rugosité résultante déduite de la Table 5.4 est ≈ 0.04 m.

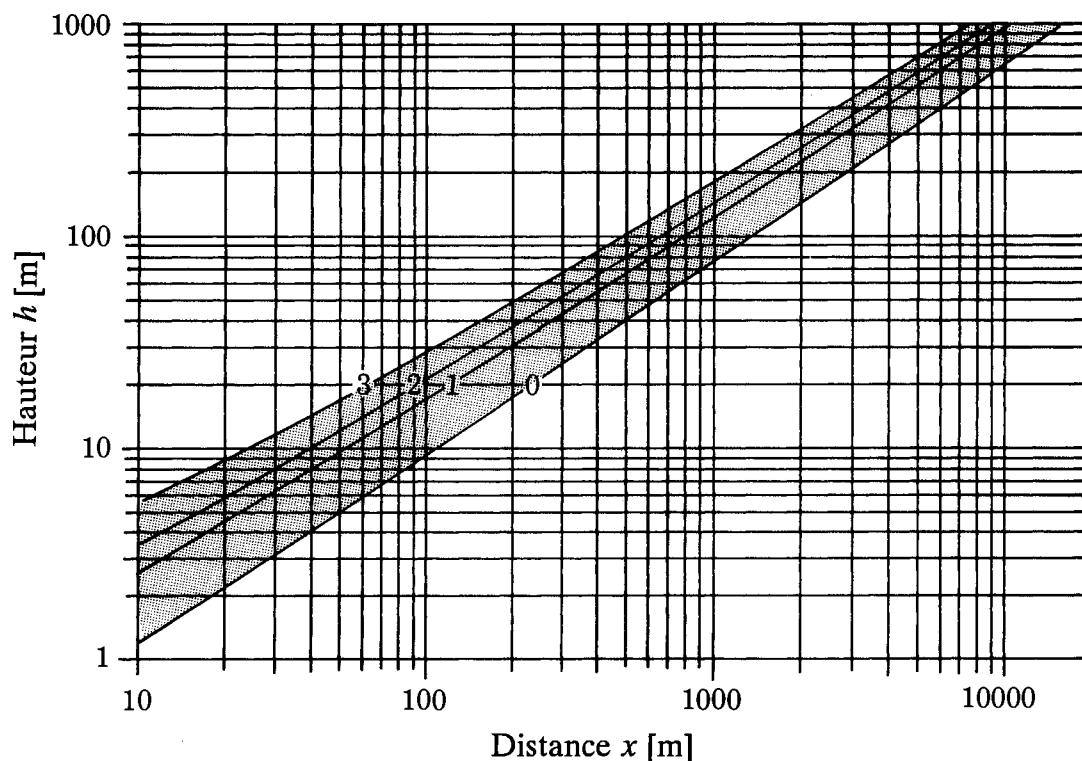


Figure 5.2: Hauteur h de la couche limite interne en fonction de la distance x sous le vent de la discontinuité de rugosité, pour les quatre classes de rugosité (0 à 3).

Exemple 5.3 La figure 5.4 montre un aérogénérateur de 30 m de hauteur installé à 2 km de la côte sur un terrain agricole plat. Le changement de rugosité se produit clairement sur la ligne côtière et la longueur de rugosité en amont est de 0.0002 m. Il est alors nécessaire de déterminer la longueur de rugosité du terrain allant de la côte à une distance minimum L du générateur à laquelle la rugosité du terrain intervient à la hauteur de l'axe. La distance L peut être lue à partir de la figure 5.2; pour une hauteur de 30 m sur un terrain de rugosité de classe 1, L est égale à 200 m. Pour le secteur, la Table 5.4 donne une longueur de rugosité globale de ≈ 0.16 m.

La hauteur h est estimée à partir du graphe de la figure 5.2 ou de l'équation 5.10; elle est égale à $h \approx 280$ m, et le facteur de correction devient alors:

$$\text{Cor} = \frac{\ln(30/0.16) \ln(280/0.0002)}{\ln(30/0.0002) \ln(280/0.16)} \approx 0.83$$

Ainsi, si le paramètre A en amont – au-dessus de l'eau à 30 mètres de hauteur – est déterminé à partir des statistiques de la station comme étant égal à 7 m s^{-1} , alors le paramètre A à la hauteur de l'aérogénérateur dans le secteur considéré est de $7 \times 0.83 = 5.8 \text{ m s}^{-1}$. Le paramètre k n'est pas corrigé.

Lorsqu'il s'agit de situations où des changements de rugosité significatifs et complexes ont lieu, il est nécessaire d'utiliser une théorie plus élaborée telle que décrite dans le chapitre 8.

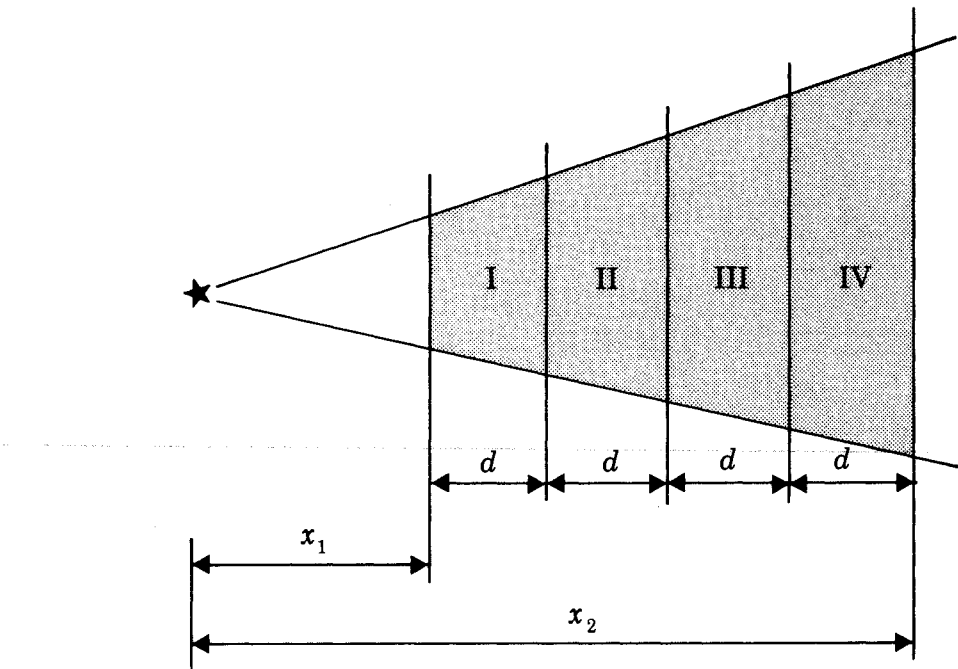


Figure 5.3: Principe de pondération des zones dans les calculs de rugosité.

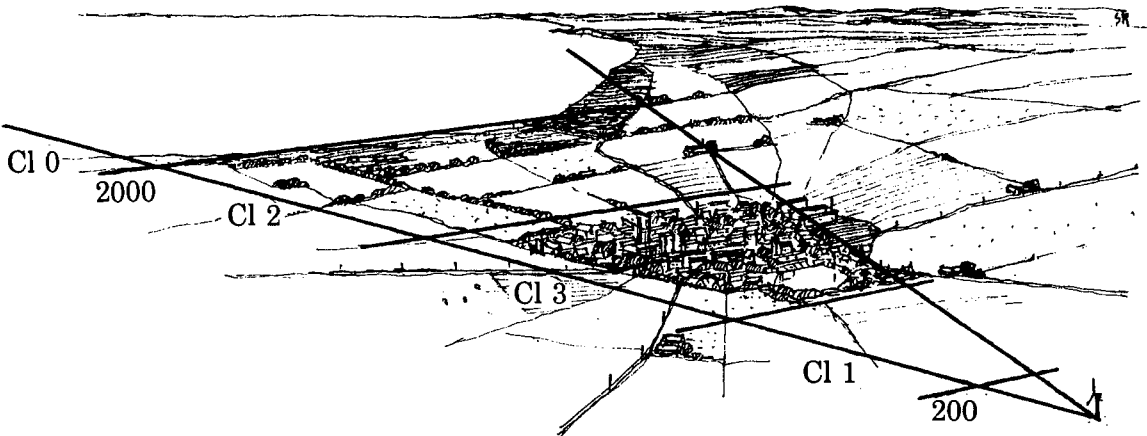


Figure 5.4: Un exemple de classification de rugosité (Exemple 5.3).

5.3 Calcul des effets d'obstacle

L'installation des aérogénérateurs au voisinage des constructions devrait être évitée car l'écoulement perturbé autour de ces constructions peut diminuer la durée de vie de la machine et sa production de puissance. La perte de production peut être estimée à l'aide des principes énoncés dans le paragraphe 3.2.

Exemple 5.4 La figure 5.5 illustre une situation assez courante avec une ferme située dans l'un des secteurs. Le paramètre A de Weibull est déduit par les calculs suivants:

distance de la machine à la ferme	x	=	150 m
hauteur de la construction	h	=	6 m
hauteur du pylône	H	=	12 m

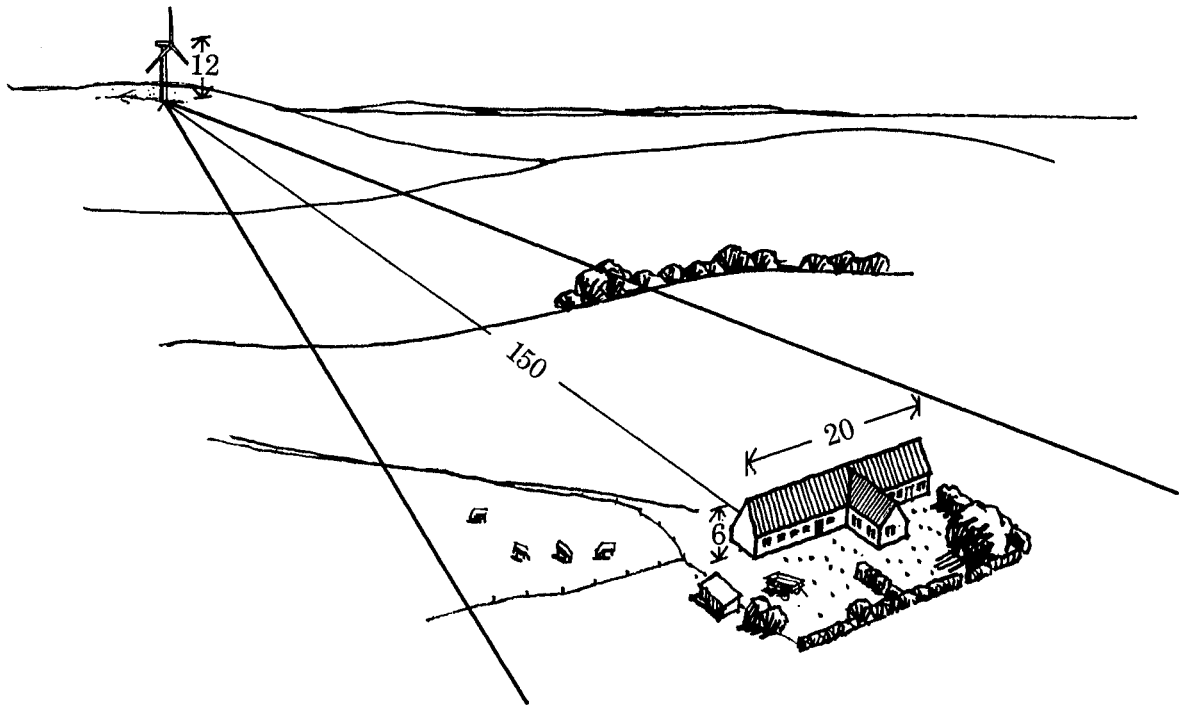


Figure 5.5: Un exemple d'effet d'obstacle dû à une construction (Exemple 5.4).

Ainsi $x/h = 25$ and $H/h = 2$, utilisés comme entrée dans la figure 3.2, donnent $R_1 \approx 16\%$. Cette réduction s'applique à une construction de longueur infinie; l'équation 3.4 donne la réduction due à une construction de longueur limitée (20 mètres):

$$R_2 = 2 \frac{L}{x} = 2 \frac{20}{150} = 0.27$$

Finalement, l'équation 3.5 donne le paramètre A corrigé pour le secteur considéré:

$$\begin{aligned}
 A_{cor} &= A(1 - 0.16 \cdot 0.27) \\
 A_{cor} &= 0.96 A
 \end{aligned}$$

Le paramètre k n'est pas corrigé.

Pour des situation plus complexes avec plusieurs obstacles dans le même secteur, il est nécessaire d'utiliser une procédure de calcul plus élaborée telle que décrite dans le chapitre 8.

5.4 L'orographie

Il est bien connu que le sommet d'une colline est l'endroit où le vent est le plus fort. Il serait donc très avantageux d'installer des aérogénérateurs au sommet des collines.

Pour le cas simple d'une longue crête perpendiculaire au vent, la survitesse ΔS et la hauteur ℓ , à laquelle la survitesse est maximum, peuvent être calculées à l'aide des équations 3.7 et 3.8.

Si la hauteur H du pylône n'est pas égale à ℓ , la survitesse ΔS au niveau H est calculée comme suit:

$$\Delta S_H = \begin{cases} \Delta S_\ell & \text{pour } H \leq \ell \\ \Delta S_\ell \cdot \frac{\ln(H/2L)}{\ln(\ell/2L)} & \text{pour } \ell < H \leq 2L \\ 0 & \text{pour } 2L < H \end{cases} \quad (5.12)$$

où L est la moitié de la largeur de la colline, à mi-hauteur, comme le montre la figure 3.6. L'effet dû à l'installation d'un aérogénérateur au sommet d'une colline est ainsi pris en compte dans la détermination des paramètres de Weibull en augmentant le paramètre A pour les secteurs où l'accélération du vent est causée par la colline:

$$A_{cor} = A(1 + \Delta S) \quad (5.13)$$

le paramètre k de Weibull n'étant pas corrigé.

Il y a lieu de noter que cette procédure s'applique seulement aux endroits situés sur le sommet d'une crête isolée et dont les pentes ne doivent pas être supérieures à ≈ 0.3 .

Exemple 5.5 Calcul des effets de survitesse sur une colline de forme simple et douce: les figures 5.6–5.10 montrent les résultats obtenus en appliquant un modèle orographique (Chapitre 8) à la colline de Blasheval en Ecosse. Les perturbations de l'écoulement induites par la présence de cette colline ont fait l'objet d'une étude décrite par Mason et King (1985). Le contour topographique de la colline est illustré par la figure 5.6. Une vue en perspective de la colline est également indiquée dans la figure 5.7. La figure 5.8 montre la vitesse relative à 8 m au dessus du sol des vents venant de la direction 210° le long d'un axe passant par le sommet. La survitesse calculée au sommet de la colline est d'environ 70% qui est aussi la valeur observée. De la même manière, il est possible d'estimer la survitesse en utilisant l'équation 5.12: la rugosité de surface est de 0.01 m et, à l'aide de l'équation 3.8, on peut estimer la hauteur ℓ à 2.5 m. Ici la valeur de L est égale à 230 m, d'après les figures 5.6 ou 5.8. En tenant compte de ces valeurs, l'équation 5.12 donne une survitesse de 68%. Cependant, la formule (équation 5.12) ne peut être appliquée que dans le cas d'une colline isolée clairement définie, et seulement pour l'estimation de la survitesse au sommet.

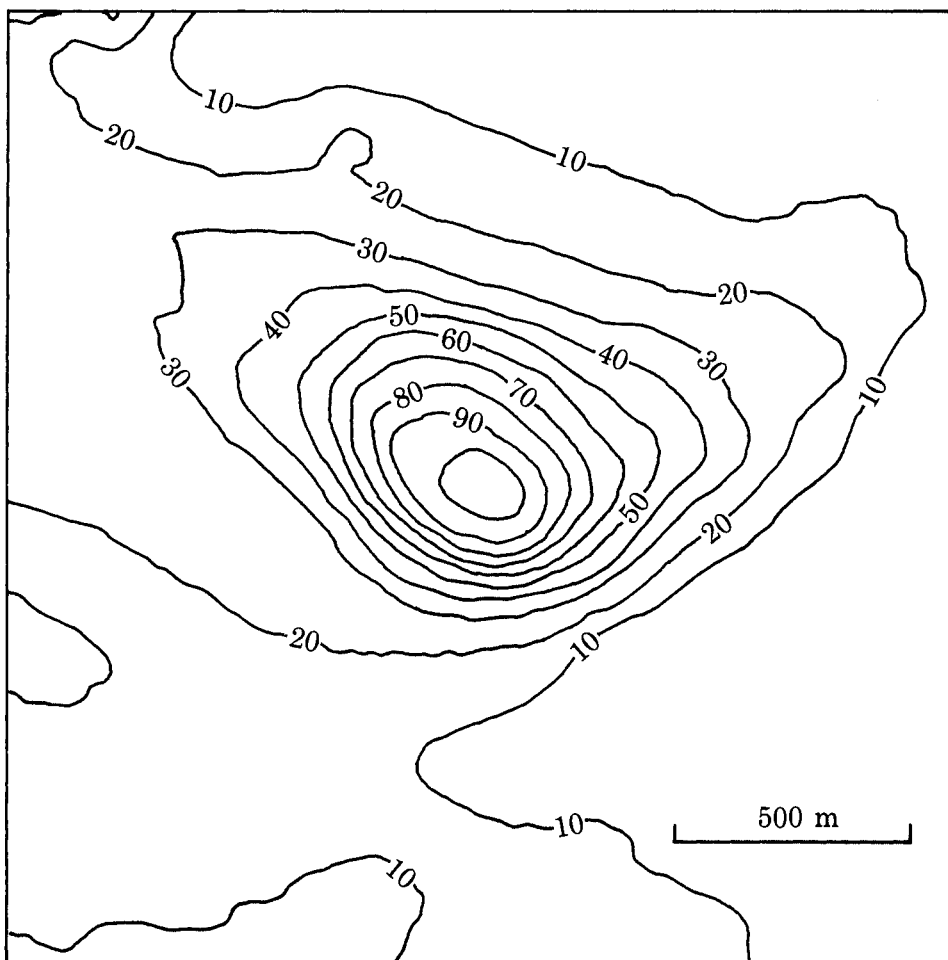


Figure 5.6: Contour topographique de la colline de Blasheval. Les altitudes sont équidistantes de 10 mètres

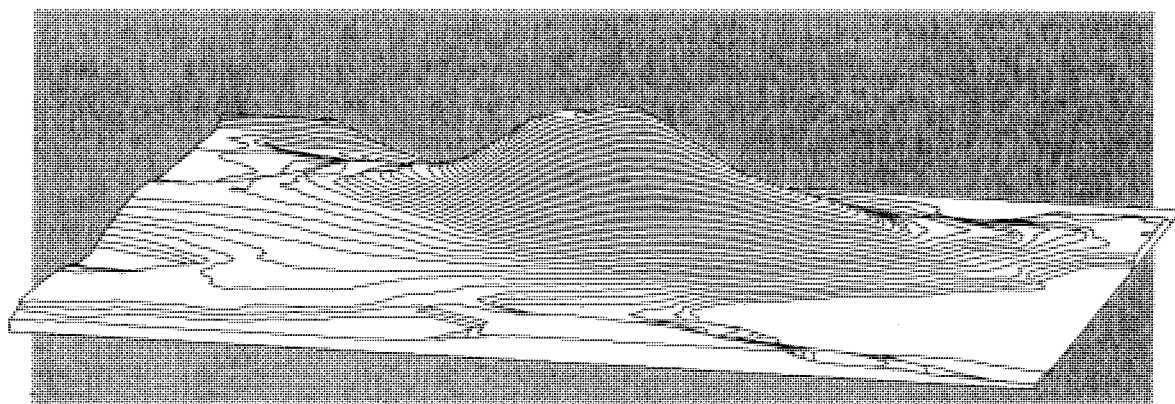


Figure 5.7: Vue en perspective à partir du Sud de la colline de Blasheval. L'échelle verticale est exagérée par un facteur 5.

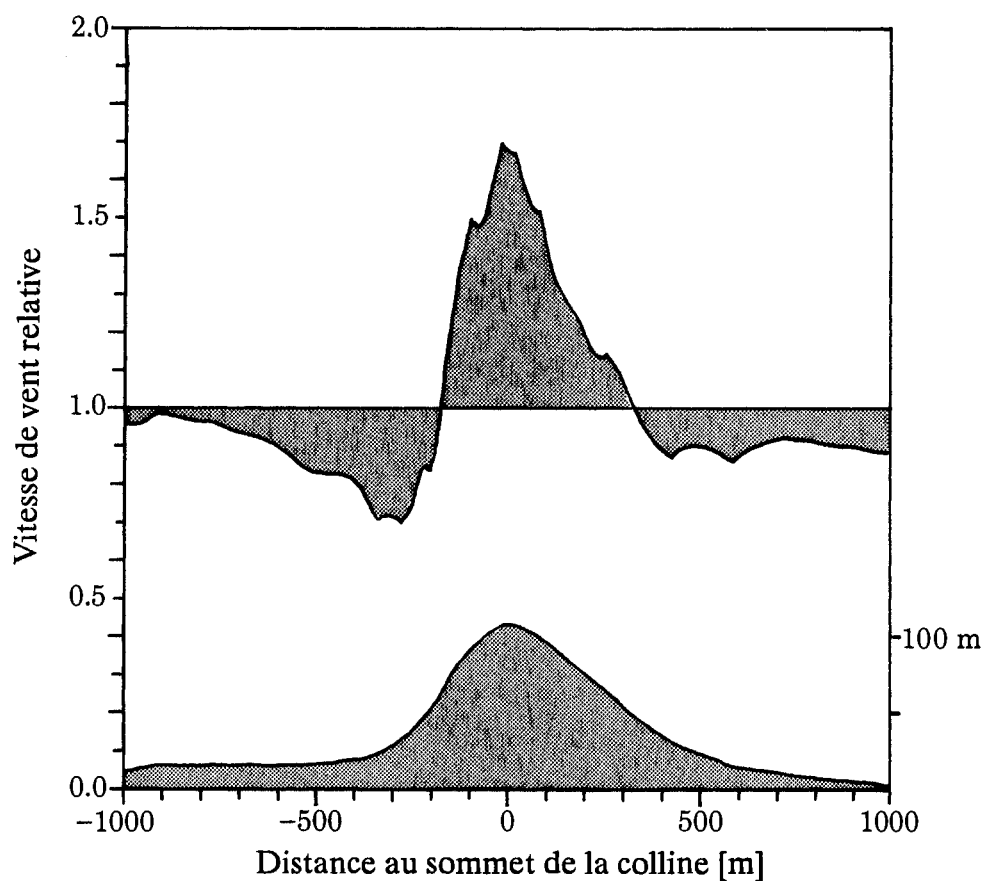


Figure 5.8: Modification de la vitesse du vent le long d'une ligne horizontale passant par le sommet de Blasheval. La ligne est indiquée dans la figure 5.6. L'axe horizontal donne la distance en mètres à partir du sommet. L'axe vertical donne le facteur de survitesse relatif calculé à 8 mètres au dessus du sol. La partie ombrée du graphe du bas illustre la coupe transversale de la colline.

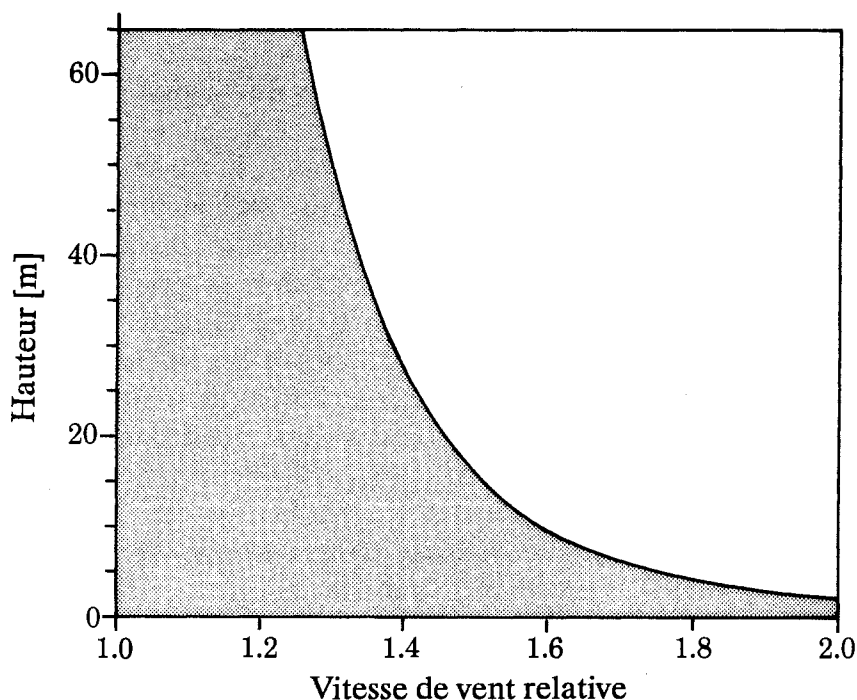


Figure 5.9: Profil vertical de la vitesse du vent au-dessus du sommet de la colline de Blasheval. L'axe horizontal donne le facteur de survitesse. L'axe vertical indique la hauteur au-dessus du sol.

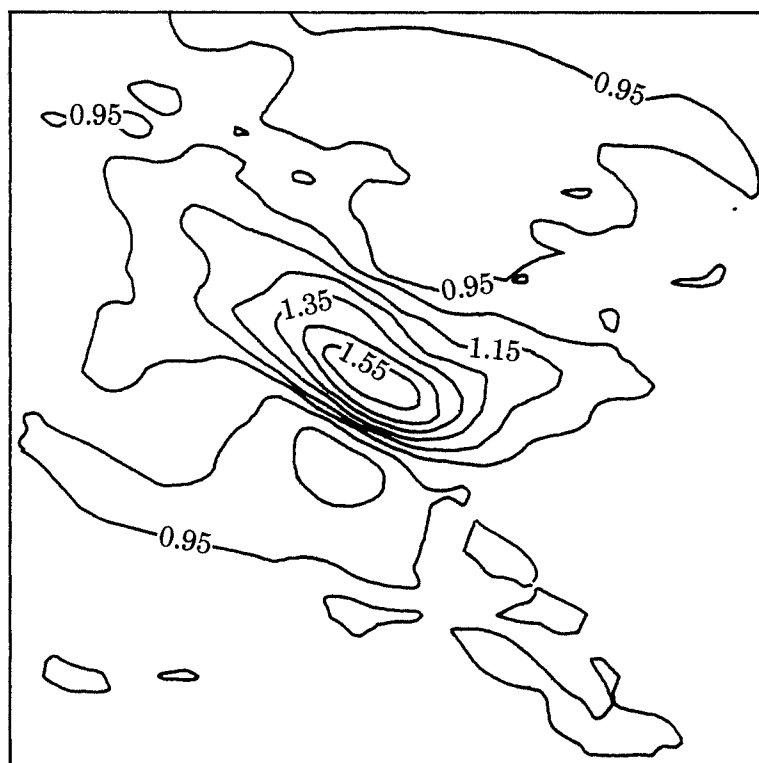


Figure 5.10: Modification de la vitesse du vent autour de la colline de Blasheval. L'accroissement relatif de la vitesse du vent à 8 mètres au-dessus du sol est illustré par des contours d'égale augmentation/diminution de vitesse. La figure a été réalisée à partir des résultats obtenus en appliquant le modèle orographique en chaque point d'une grille de 51×51 .

Un exemple de topographie plus complexe est donné dans les figures 5.11–5.13. Le contour du relief de la station météorologique de Burrington (Royaume Uni) est indiqué par la figure 5.11. Une vue en perspective est également donnée par la figure 5.12. Dans ces deux figures, une ligne est indiquée (ligne horizontale dans la figure 5.11, la station météorologique est située à l'intersection de deux lignes) le long de laquelle la survitesse, à 10 m de hauteur au dessus du sol pour des vents de 270° de direction, a été calculée en utilisant le modèle orographique. Les résultats obtenus ainsi que la hauteur du terrain le long de cette ligne sont illustrés par la figure 5.13. Le terrain est ondulé, avec des collines et des vallées, et les pentes sont modérées. Ceci induit des effets de survitesse de l'ordre de $\approx 10\%$. Les figures illustrent l'importance de la procédure du choix des sites, même dans les cas de terrains relativement non compliqués de type 2.

La plupart des terrains sont constitués d'un mélange de configurations topographiques qui influence les vents. Les modifications de la vitesse du vent près du sol pour des petites et moyennes collines sont du même ordre de grandeur que celles dues aux changements typiques de végétation et de densité d'obstacles. La figure 5.14 montre une variation (quelque peu exagérée) de la vitesse du vent à 10 mètres au dessus du sol, au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la côte vers le continent, au Danemark. Une procédure de choix de sites adéquate consiste en la prise en compte de tous les effets indiqués dans la figure.

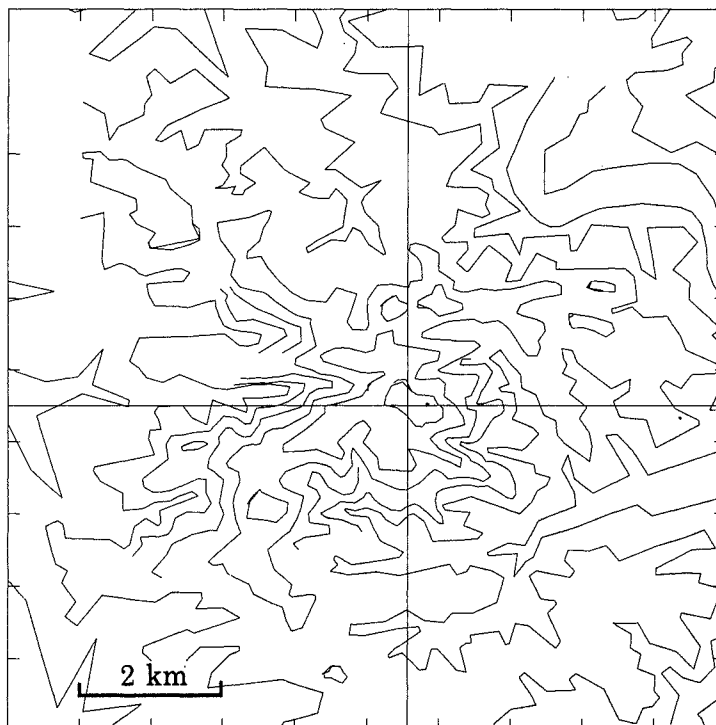


Figure 5.11: Digitalisation de la topographie du terrain autour de Burrington, (Royaume Uni), utilisée comme entrée du modèle orographique. La station météorologique est située à l'intersection des deux droites. Les facteurs de survitesse calculés le long de la droite horizontale sont illustrés dans la figure 5.13.

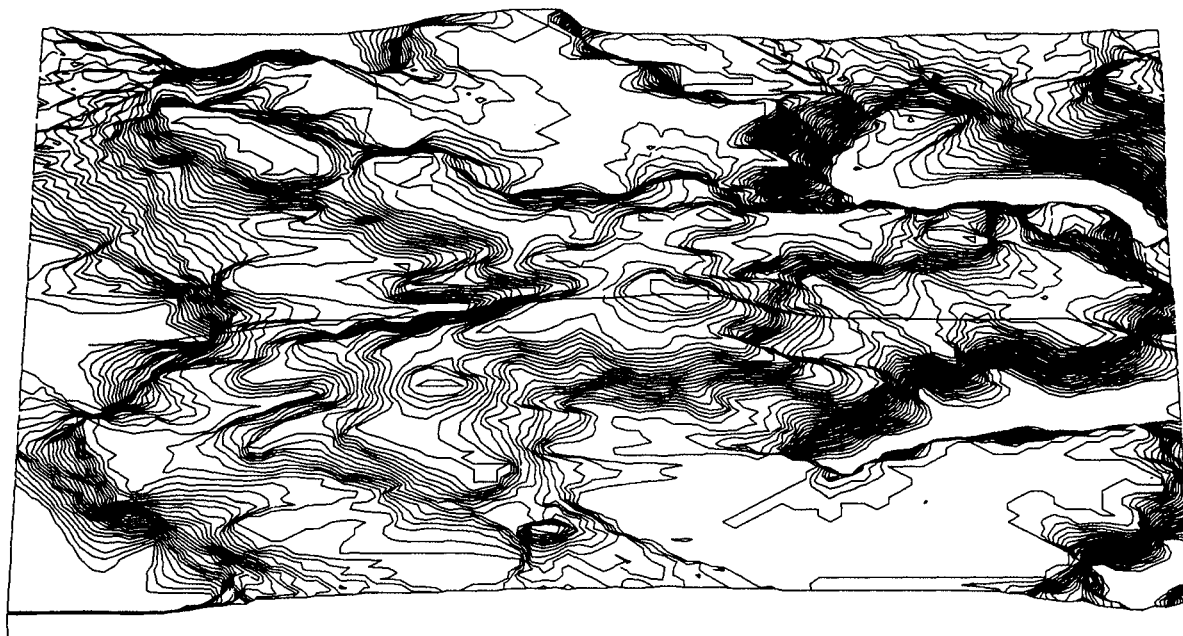


Figure 5.12: Vue en perspective de l'environnement de la station de Burrington, (Royaume Uni). L'échelle verticale est exagérée par un facteur 5. La ligne tracée sur le terrain correspond à la ligne horizontale dans la figure 5.11.

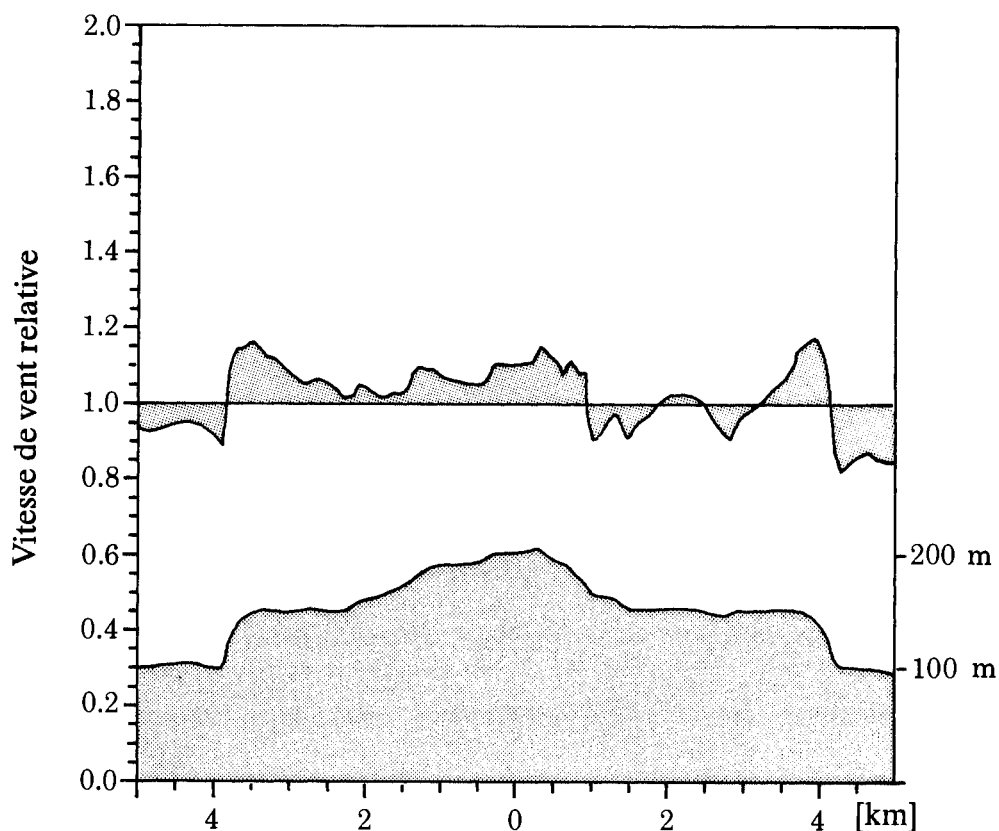


Figure 5.13: Modification de la vitesse du vent le long de la ligne horizontale indiquée dans la figure 5.11. L'axe horizontal donne la distance en kilomètres de la station météorologique. L'axe vertical donne le calcul du facteur de survitesse relatif à 10 m au-dessus du sol. Le graphe sombre du bas montre une coupe transversale de la hauteur du sol le long de la même ligne.

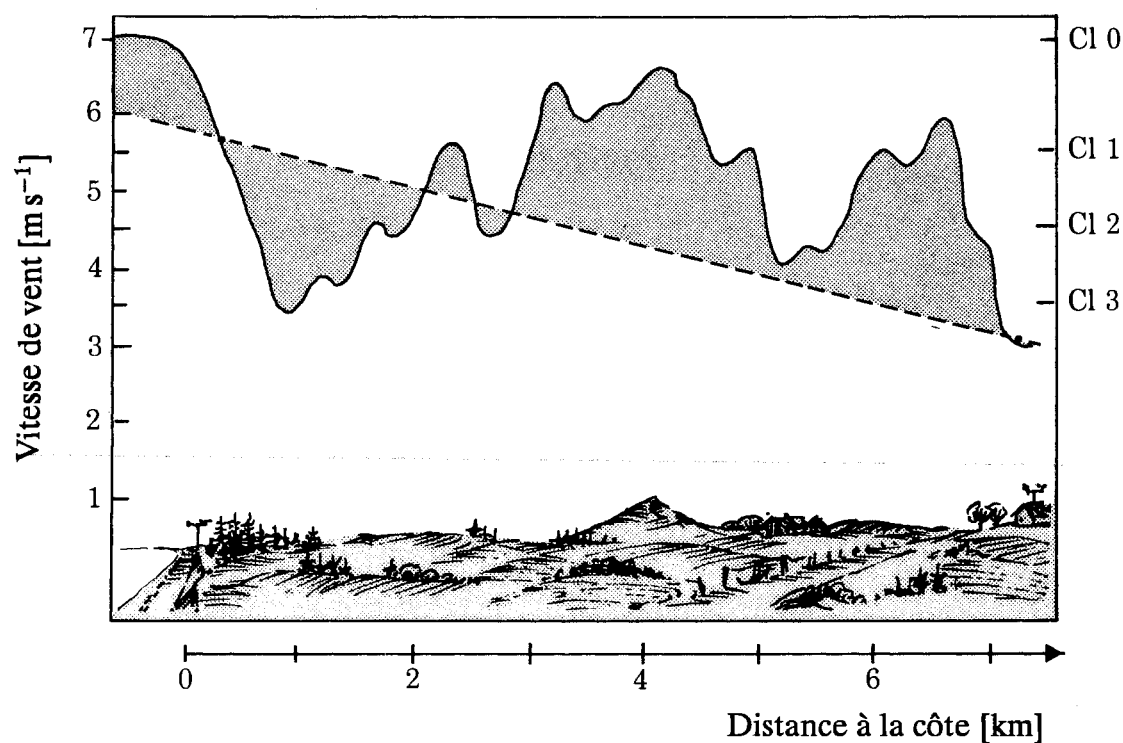


Figure 5.14: Variation de la vitesse moyenne du vent à 10 m au-dessus du sol due aux effets de la topographie (ligne en trait plein). La variation est légèrement exagérée, mais l'ordre de grandeur de cette variation est typique des conditions danoises. La ligne en pointillés indique la vitesse moyenne du vent obtenue par interpolation entre deux stations éloignées de quelques kilomètres seulement. La différence entre les deux courbes illustre les erreurs commises si on néglige les effets topographiques de petites échelles.

Chapitre 6

Production de puissance

La production de puissance d'un aérogénérateur varie avec le vent qui entraîne le rotor de la machine. Il est assez courant d'utiliser la vitesse du vent au sommet du pylône supportant la machine comme référence pour étudier la réponse de l'aérogénérateur en matière de puissance. La puissance produite en fonction de la vitesse du vent au niveau de la machine est conventionnellement appelée *courbe de puissance*. La figure 6.1 montre un exemple de courbe de puissance: quand la vitesse du vent est plus petite que la *vitesse de démarrage*, l'aérogénérateur ne peut pas produire de la puissance. Lorsque la vitesse du vent dépasse la vitesse de démarrage, la puissance de sortie augmente pour atteindre un maximum qu'on appelle *puissance optimale*; à partir de cette valeur, la puissance demeure pratiquement constante. Pour des vitesses de vent plus grandes que la *vitesse de coupure*, on arrête l'aérogénérateur pour éviter les risques de ruptures.

6.1 Détermination de la production moyenne de puissance

Une fois la courbe de puissance $P(u)$ d'un aérogénérateur mesurée, la production de puissance moyenne peut être estimée sachant que la fonction de densité de probabilité de la vitesse du vent au sommet du pylône de l'aérogénérateur est déterminée soit par des mesures soit à l'aide de la procédure du choix de site (siting) telle que décrite dans le chapitre 5:

$$P = \int_0^{\infty} Pr(u)P(u) du \quad (6.1)$$

Si la fonction de densité de probabilité $Pr(u)$ a été déterminée à l'aide de la procédure de siting, elle est donnée comme étant une fonction de Weibull et dans ce cas l'expression de la production de puissance moyenne devient:

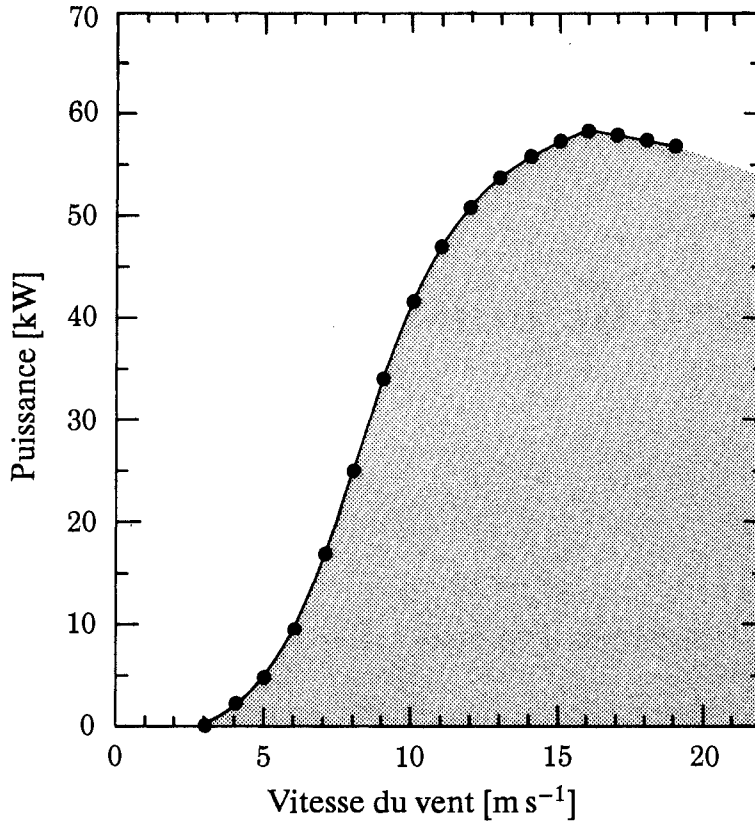


Figure 6.1: Courbe de puissance d'un aérogénérateur de 55 kW. La courbe de puissance est tracée par segments linéaires avec des pas de 1 m s⁻¹.

$$P = \int_0^{\infty} \left(\frac{k}{A} \right) \left(\frac{u}{A} \right)^{k-1} \exp \left(- \left(\frac{u}{A} \right)^k \right) P(u) du \quad (6.2)$$

En règle générale, cette intégrale ne peut être calculée analytiquement. On doit utiliser pour cela des méthodes numériques.

En réalité les courbes de puissance sont plutôt lisses et peuvent être facilement approchées par une fonction continue composée d'une suite de fragments linéaires. En utilisant cette approximation, la puissance peut s'écrire:

$$P(u) = \frac{P_{i+1} - P_i}{u_{i+1} - u_i} (u - u_i) + P_i, \quad u_i \leq u < u_{i+1} \quad (6.3)$$

ce qui permet d'avoir une solution analytique de l'équation 6.2 (Petersen et al., 1981), c'est à dire:

$$P = \sum_i \frac{P_{i+1} - P_i}{\alpha_{i+1} - \alpha_i} \left(G_k(\alpha_{i+1}) - G_k(\alpha_i) \right) \quad (6.4)$$

où $\alpha_i = u_i/A$. La fonction $G_k(\alpha)$ est $1/k$ multiplié par la fonction gamma incomplète à deux arguments $1/k$ et α^k . Cette fonction est tabulée en annexe B, Ta-

ble B.7 pour une certaine gamme de valeurs de k . Dans certaines situations, on peut trouver une discontinuité dans la courbe de puissance (montrée dans la figure 6.2 en $u_5 = u_6$). Dans le cas d'un saut de puissance P_i à P_{i+1} en $u_i = u_{i+1}$, la contribution de cet intervalle à la somme finale devient:

$$(P_{i+1} - P_i) \cdot \exp(-\alpha_i^k) \quad (6.5)$$

En utilisant les équations 6.4 et 6.5, la puissance moyenne peut être théoriquement calculée pour n'importe quelle courbe de puissance en la divisant simplement en un nombre suffisant de segments linéaires. En pratique, la méthode ne sera utile que si la courbe de puissance peut être approchée par un petit nombre de segments linéaires.

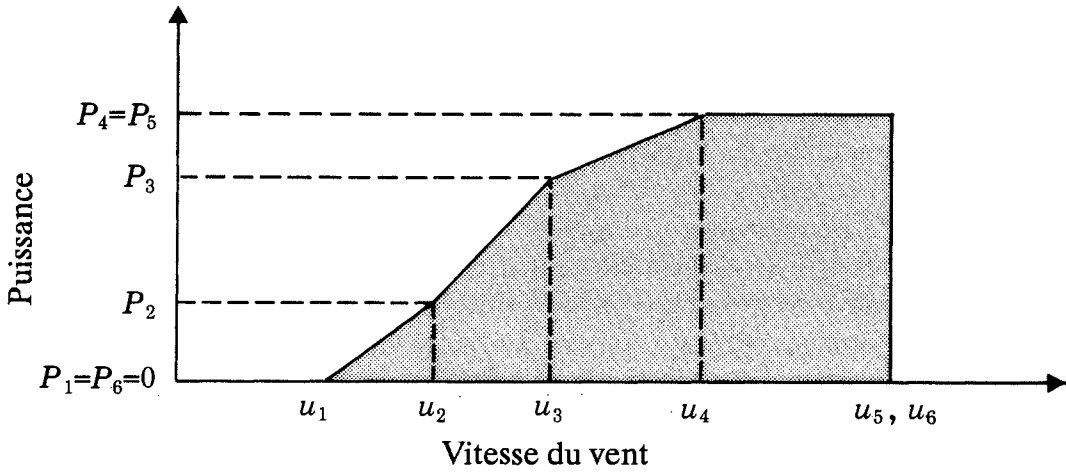


Figure 6.2: Exemple d'approximation de la courbe de puissance par une succession de fonctions linéaires.

Pour plusieurs types de machines, la courbe de puissance est raisonnablement bien approchée par une forme simple illustrée par la figure 6.3 et pour laquelle les équations 6.4 et 6.5 donnent:

$$P = \frac{P_{max}}{\alpha_2 - \alpha_1} \{ G_k(\alpha_2) - G_k(\alpha_1) - \exp(-\alpha_3^k) \} \quad (6.6)$$

En pratique, le dernier terme peut souvent être négligé puisque les très grandes vitesses de vent, pour lesquelles l'aérogénérateur doit être arrêté, sont peu fréquentes.

Pour un aérogénérateur dont la courbe de puissance est presque linéaire, l'équation 6.6 permet d'effectuer de rapides calculs de production d'une machine spécifique pour diverses valeurs de A et k . Aussi, à un intervalle d'incertitude sur les valeurs de A et k peut correspondre un intervalle d'incertitude sur la production de puissance.

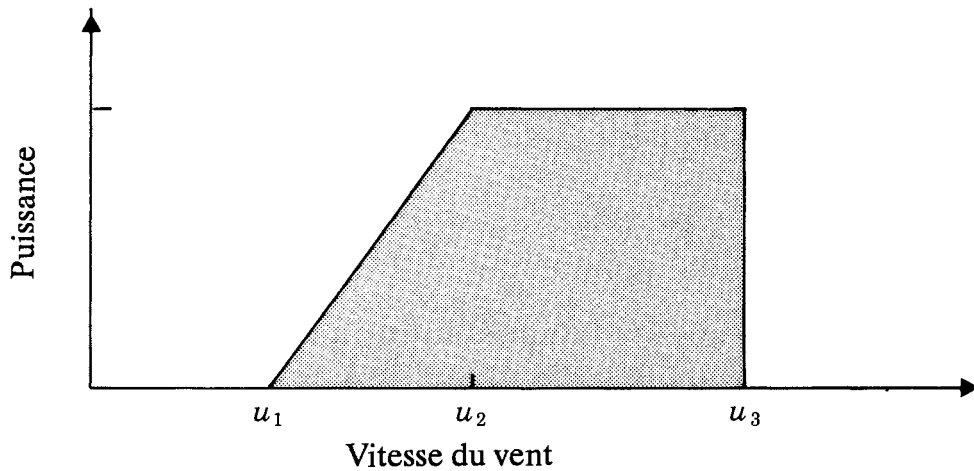


Figure 6.3: Une forme simple de la courbe de puissance linéaire.

L'approximation d'une courbe de puissance par une simple fonction linéaire doit être faite avec précaution afin d'éviter de grandes erreurs de calcul de puissance. Par exemple, si la courbe de puissance illustrée par la figure 6.1 est approchée par une courbe linéaire allant de 0 kW pour 3 m s^{-1} à 55 kW (puissance nominale) pour 12 m s^{-1} avec des paramètres de Weibull A et k égaux respectivement à 6.4 m s^{-1} and 2.0, les calculs donnent une production de 149 MWh par année. En utilisant la courbe de puissance réelle, la prévision est de 112 MWh par année, c'est à dire que si on utilise la courbe de puissance linéaire simple, la production est surestimée de 33%. Une procédure plus précise consiste à utiliser la vitesse du vent u_m à laquelle l'efficacité est maximale (voir paragraphe 6.4). La vitesse de démarrage est donc $\frac{2}{3}u_m$. Pour la même courbe de puissance, ceci donne $u_m = 7.3 \text{ m s}^{-1}$, $u_1 = 4.9 \text{ m s}^{-1}$, $u_2 = 11.8 \text{ m s}^{-1}$ et la prévision devient alors de 107 MWh par année, soit 5% de moins que la vraie valeur.

Exemple 6.1 On veut installer sur un site donné un petit aérogénérateur dont la courbe de puissance a une forme linéaire avec les paramètres suivants:

vitesse de démarrage	$u_1 = 5 \text{ m s}^{-1}$
vitesse nominale	$u_2 = 12 \text{ m s}^{-1}$
puissance nominale	$P_{max} = 50 \text{ kW}$

Les paramètres de Weibull au niveau de la machine sont estimés à $A = 6 \text{ m s}^{-1}$ and $k = 2$, ce qui donne :

$\alpha_1 = 0.83$	$G_k(\alpha_1) = 0.673$
$\alpha_2 = 2.00$	$G_k(\alpha_2) = 0.882$
$\alpha_2 - \alpha_1 = 1.17$	

à partir desquels la puissance moyenne peut être calculée:

$$P = 50 \text{ kW} \cdot \frac{1}{1.17}(0.882 - 0.673) = 8.9 \text{ kW}$$

Si on refait les calculs pour $A = 6 \pm 1 \text{ m s}^{-1}$ et $k = 1.5, 2.0$ et 2.5 , on obtient les puissances moyennes suivantes (kW):

$A \text{ [m s}^{-1}\text{]}$	$k = 1.5$	$k = 2.0$	$k = 2.5$
5	6.9	5.0	3.8
6	10.6	8.9	7.8
7	14.3	13.3	12.6

Influence de la densité de l’air et de la turbulence

La densité de puissance moyenne disponible est donnée par l’équation 5.3 où la densité de l’air est une valeur moyenne climatologique qui tient compte de la variation de la densité en fonction de la température et de la pression (altitude) de l’air atmosphérique. La courbe de puissance $P(u)$ d’un aérogénérateur quelconque dépend par ailleurs de la densité de l’air. La courbe de puissance se rapporte habituellement à une valeur standard de 1.225 kg m^{-3} qui correspond à des conditions standard de pression atmosphérique au niveau de la mer et à une température de 15°C . Une courbe de puissance, appliquée à un site où la densité moyenne de l’air est différente de la valeur standard, est généralement supposée proportionnelle au rapport formé par la densité de l’air du site et la valeur standard. Ceci est généralement acceptable compte tenu de la gamme de variation relativement limitée des densités de l’air observées (voir Appendix B, Table B.1). Pour des aérogénérateurs où la puissance fournie est utilisée pour le contrôle, comme dans le cas de la plupart des aérogénérateurs régulés par décrochage aérodynamique, le calcul correct de la puissance moyenne de sortie peut être plus compliqué.

L’utilisation des vitesses de vent moyennées sur 10 min plutôt que le vent instantané conduit à une sous-estimation de la densité de puissance disponible parce que la contribution des fluctuations du vent sur des échelles de temps inférieures à 10 minutes n’est pas prise en compte. Dans le chapitre 8, on montre que la sous-estimation est liée à l’intensité de la turbulence et peut être approchée par un terme de correction égal à $3[\ln(z/z_0)]^{-2}$. Cette expression est valable uniquement pour des conditions de vent fort au dessus d’un terrain plat et homogène. Même lorsqu’il s’agit de vent fort, et compte-tenu des grandes valeurs du flux de chaleur sensible et de l’inhomogénéité de la surface du sol, les intensités de turbulence peuvent être très différentes. Cet aspect peut être par exemple important sur des sites côtiers. En terrain accidenté, en particulier lorsque les pentes dépassent 20%, les intensités de turbulence dépendent fortement de la position précise des zones où l’écoulement est accéléré ou ralenti.

Cependant, il faut noter que dans la plupart des cas de dimensionnement d’aérogénérateurs, la contribution de la turbulence à la densité de puissance *ne doit pas* être additionnée à l’estimation donnée par l’Atlas. Il y a trois raisons à cela. Premièrement, le système du rotor dispose d’un temps de réponse fini, dont l’ordre de grandeur dépend du système de contrôle et de la rapidité avec laquelle l’écoulement s’adapte aux pales. Deuxièmement, le calcul de la densité de puissance se fait en un point particulier tandis que l’extraction de la densité de puissance totale représente l’effet du vent sur le disque du rotor tout entier. Donc, compte-

tenue de la surface balayée par le rotor et du manque de cohérence latérale et verticale dans le champ de vent, une grande partie de l'effet de turbulence est filtrée. Troisièmement, lorsqu'on estime la puissance d'un aérogénérateur spécifique, il est nécessaire d'utiliser la courbe de puissance mesurée pour la machine en question, et il est généralement admis que les courbes de puissance doivent se rapporter à des vitesses de vent moyennées sur une période de 10 minutes (Frandsen et al., 1982). En outre, la courbe de puissance elle-même contient la contribution de la turbulence à la densité de puissance. L'ordre de grandeur de cette contribution est fonction du type de machine utilisée et des caractéristiques du terrain sur lequel la courbe de puissance a été mesurée. Les incertitudes associées à l'établissement et à l'exploitation des courbes de puissance sont souvent importantes, 10% ou plus (voir e.g Christensen et Dragt, 1986; Frandsen, 1987).

En conclusion, il n'est pas nécessaire de corriger les estimations de puissance (obtenues à l'aide l'Atlas) de l'influence de la turbulence lorsqu'on effectue des calculs pour des terrains plats ou ondulés de classes de rugosité 0, 1 et 2. Pour des valeurs plus grandes de la rugosité et une orographie ayant des pentes abruptes où des discontinuités d'écoulement peuvent se produire, il est nécessaire d'effectuer des corrections dues à la présence d'importantes intensités de turbulence. Des précautions particulières doivent être prises à l'égard des courbes de puissance qui ont été déterminées dans des régions caractérisées par de faibles intensités de turbulence.

6.2 Fonction de densité de puissance

Parfois, il est très intéressant d'évaluer la contribution des différentes gammes de vitesse du vent à la production de puissance. Une estimation très simple peut être effectuée en évaluant la puissance moyenne pour différentes vitesses du vent. La densité de puissance moyenne est donnée par:

$$E(u) = \frac{1}{2} \rho u^3 \cdot f(u) \quad (6.7)$$

où $f(u)$ est la distribution estimée de Weibull correspondant au site. Un graphe de cette fonction montre les vitesses de vent importantes pour la production de la puissance moyenne. Un exemple est donné dans la figure 6.4. La fonction atteint un maximum à la vitesse :

$$u = A \left(\frac{k+2}{k} \right)^{1/k} \quad (6.8)$$

6.3 Courbe de durée de puissance

A partir des paramètres de Weibull et de la courbe de puissance, il est possible de calculer la probabilité Pr pour que la puissance n'excède pas une certaine valeur P . La

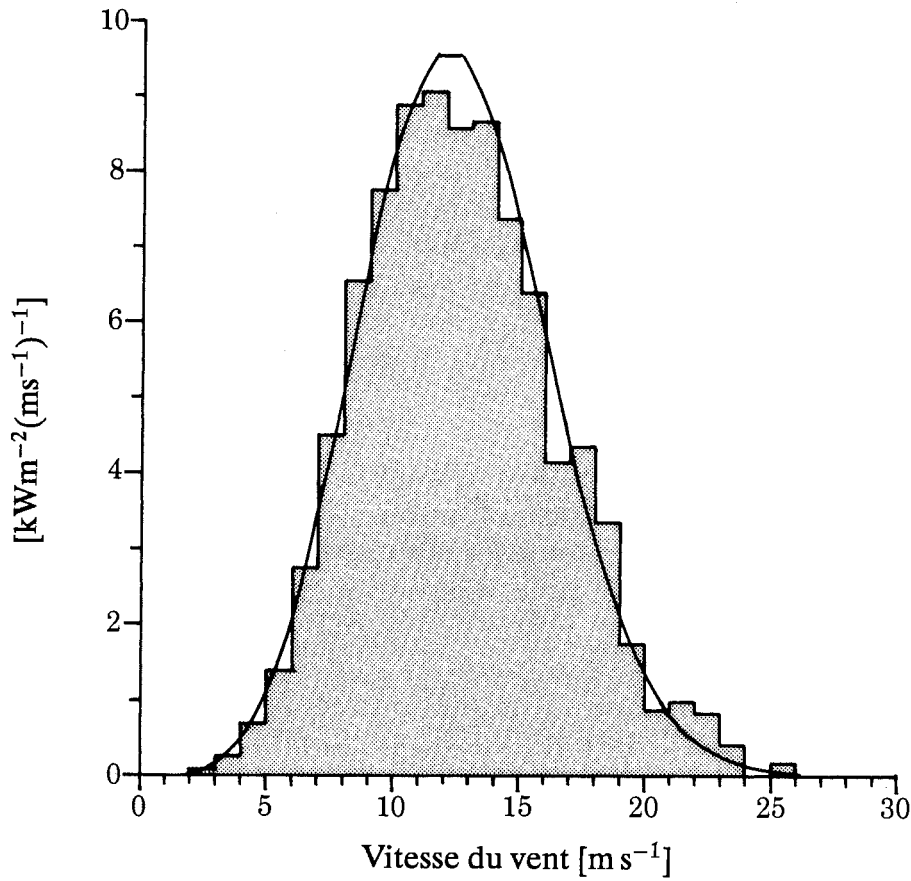


Figure 6.4: Fonction de densité de puissance à une hauteur de 68 m à Sprogø au Danemark. L'histogramme donne les densités de puissance calculées à partir des mesures. La courbe lissée correspond à l'ajustement de Weibull avec le paramètre $A = 9.2 \text{ m s}^{-1}$ et $k = 2.31$.

courbe correspondante est appelée courbe de durée de puissance. Pour une simple courbe de puissance linéaire telle qu'elle est donnée par la figure 6.3, la probabilité est donnée par:

$$Pr(\text{puissance} > P) = \exp\left(-\left(\frac{u_p}{A}\right)^k\right), \quad 0 \leq P \leq P_{\max} \quad (6.9)$$

avec

$$P = \frac{P_{\max}}{u_2 - u_1}(u_p - u_1) \quad \text{or} \quad u_p = u_1 + \frac{P}{P_{\max}}(u_2 - u_1) \quad (6.10)$$

La courbe de durée de puissance devient donc:

$$Pr(\text{puissance} > P) = \exp\left[-\left(\alpha_1 + \frac{P}{P_{\max}}(\alpha_2 - \alpha_1)^k\right)\right] \quad (6.11)$$

6.4 Optimisation de la production de puissance

La quantité d'énergie éolienne disponible pour la production de puissance varie fortement à travers toute l'Europe. Elle varie considérablement d'une région à une autre et aussi à l'intérieur des régions. Lorsqu'un site a été sélectionné et la procédure de siting adéquate accomplie (détermination de la fonction de distribution de Weibull de la vitesse du vent), l'étape suivante consiste à choisir l'aérogénérateur approprié. Compte tenu des grandes variations de la climatologie du vent, on doit s'assurer que le modèle d'aérogénérateur choisi est bien le meilleur possible pour le site en question.

La méthode traditionnelle consiste à calculer la production moyenne d'un ou de plusieurs aérogénérateurs disponibles, suivant la méthode décrite dans le paragraphe 6.1. Cependant, ceci ne signifie pas que l'aérogénérateur choisi donne la production optimale sur le site car la machine peut avoir été conçue pour un régime éolien différent.

L'efficacité d'un aérogénérateur est définie comme le rapport de la puissance fournie pour une vitesse de vent donnée sur la puissance totale disponible qui passe à travers la surface balayée par le rotor. Il est évident que la meilleure utilisation de l'énergie éolienne sera obtenue lorsque l'efficacité de l'aérogénérateur aura atteint sa valeur maximale en un point proche du maximum de la fonction de densité de puissance du vent. Ainsi la courbe d'efficacité aérodynamique de la machine doit correspondre à la distribution de la vitesse du vent. Une procédure simplifiée est présentée ci-dessous.

En prenant un aérogénérateur avec une courbe de puissance linéaire simple, la courbe d'efficacité devient:

$$C_p(u) = \frac{P(u)}{E(u) \cdot A_R} = \frac{s(u - u_1)}{\frac{1}{2}\rho u^3 \cdot A_R}, \quad u_1 \leq u \leq u_2 \quad (6.12)$$

où $P(u)$ est la puissance de sortie pour la vitesse de vent u , $E(u) \cdot A_R$ la puissance totale disponible passant à travers la surface balayée A_R et s la pente de la courbe de puissance telle que:

$$s = \frac{P_{max}}{u_2 - u_1} \quad (6.13)$$

L'efficacité maximale se produit à la vitesse de vent u_m qui peut être déterminée en dérivant l'équation 6.12, ce qui donne:

$$u_m = \frac{3}{2}u_1 \quad (6.14)$$

La courbe de puissance peut s'écrire maintenant comme suit:

$$P(u) = \frac{3}{2} \rho C_p(u_m) A_R \cdot u_m^2 \left(u - \frac{2}{3} u_m \right) \quad \text{pour } u_1 \leq u \leq u_2 \quad (6.15)$$

En remplaçant cette expression par sa valeur dans l'équation 6.6 qui donne la puissance moyenne, on obtient:

$$P = \frac{1}{2} \rho C_p(u_m) A_R \cdot A^3 \cdot \left[3 \left(\frac{u_m}{A} \right)^2 \cdot \left\{ G_k \left(\frac{u_2}{A} \right) - G_k \left(\frac{2}{3} \frac{u_m}{A} \right) \right\} \right] \quad (6.16)$$

Cette expression contient les paramètres qui décrivent les principales caractéristiques de l'aérogénérateur:

A_R	=	surface balayée par le rotor
$C_p(u_m)$	=	efficacité maximale
u_m	=	vitesse de vent à laquelle l'efficacité est maximale
u_2	=	vitesse de vent à laquelle la puissance est optimale

La valeur de u_m qui optimise la puissance moyenne P peut être approchée avec une précision suffisante par l'expression:

$$u_m = A \left[\left(\frac{k+2}{k} \right)^{1/k} - 0.15 \right] \quad (6.17)$$

Le terme entre parenthèses donne la vitesse de vent (dimensionnée par A) à laquelle se produit le maximum de la fonction de densité de puissance du vent (Equation 6.8). L'expression montre donc que le maximum d'efficacité doit être choisi à une vitesse de vent légèrement plus petite que celle qui correspond au maximum de la fonction de densité de puissance du vent.

La procédure peut être utilisée pour guider le choix de l'aérogénérateur approprié.¹ Cependant, cette procédure a deux insuffisances. Premièrement, le choix du modèle d'aérogénérateur pour une climatologie éolienne spécifique ne dépend pas seulement de l'endroit du maximum d'efficacité, mais aussi de la forme détaillée de la courbe d'efficacité (efficacité en fonction de la vitesse du vent). Deuxièmement, la question que l'on se pose habituellement n'est pas de savoir si l'on peut concevoir une machine optimale pour le site, mais plutôt si un modèle de machine peut être modifié pour optimiser la production de puissance

Pour un aérogénérateur régulé par décrochage aérodynamique, avec un rotor donné, les modifications les plus simples à apporter consistent à: changer la vitesse de rotation en modifiant le rapport de la boîte de vitesses, changer le calage angulaire en bout de pale et changer la taille du générateur.

¹Le reste de ce chapitre a été rédigé par Peter Hauge Madsen, Risø National Laboratory.

L'effet sur les performance d'un changement de la vitesse de rotation ou de l'angle de calage en bout de pale d'une machine autorégulée par décrochage aérodynamique, avec un rotor de 23 m de diamètre et installée sur un pylône de 30 m de hauteur, est illustré dans les figures 6.5 et 6.6.

Les figures montrent la courbe de puissance aérodynamique et les courbes d'efficacité pour des variations autours des valeurs: 0 degré de l'angle de calage et 47.5 rpm de vitesse de rotation. Etant donné qu'un changement de la vitesse de rotation provoquerait simplement un glissement de la la courbe d'efficacité par rapport à la vitesse du vent, un changement de l'angle de calage conduit également à des modifications de la forme de la courbe d'efficacité. Dans les deux cas la puissance de crête et la taille du générateur sont influencées.

La production d'énergie annuelle donnée pour différentes courbes de puissance est calculée à partir de l'équation 6.1. La production d'énergie annuelle (sans les pertes du système de transmission) d'un aérogénérateur pour trois climatologies de vent différentes est donnée par la table 6.1.

Tableau 6.1: Production d'énergie annuelle pour trois type de climatologie de vent différentes. L'angle de calage en bout de pale est de 0 degré et la vitesse de rotation est de 47.5 rpm.

A m s^{-1}	k	Prod. énergie an. MWh
6.0	1.9	251
7.5	1.9	454
9.0	1.9	666

Les variations de la production d'énergie annuelle pour des changements de l'angle de calage et de la vitesse de rotation sont présentées dans la figure 6.7. On constate que, pour un régime de faibles vitesses de vent, les gains d'énergie sont relativement insignifiants, tandis qu'une substantielle amélioration se produit pour un régime de fortes vitesses de vent.

Les ajustements ont des conséquences sur les surcharges de l'aérogénérateur. La figure 6.8 montre la poussée du rotor de l'aérogénérateur sur le pylône en fonction de la vitesse du vent. Il y a lieu de noter particulièrement qu'une variation de la vitesse de rotation augmente la poussée de manière significative. Des modifications de la configuration doivent être donc suivies par des vérifications de la résistance structurelle et si possible un renforcement des pales, etc. Ainsi, l'optimisation d'un aérogénérateur pour une climatologie de vent spécifique est une optimisation économique où les améliorations de la production d'énergie annuelle sont contrebalancées par les coûts relatifs aux modifications des structures, à l'utilisation de générateurs plus puissants ou de boîtes de vitesses différentes.

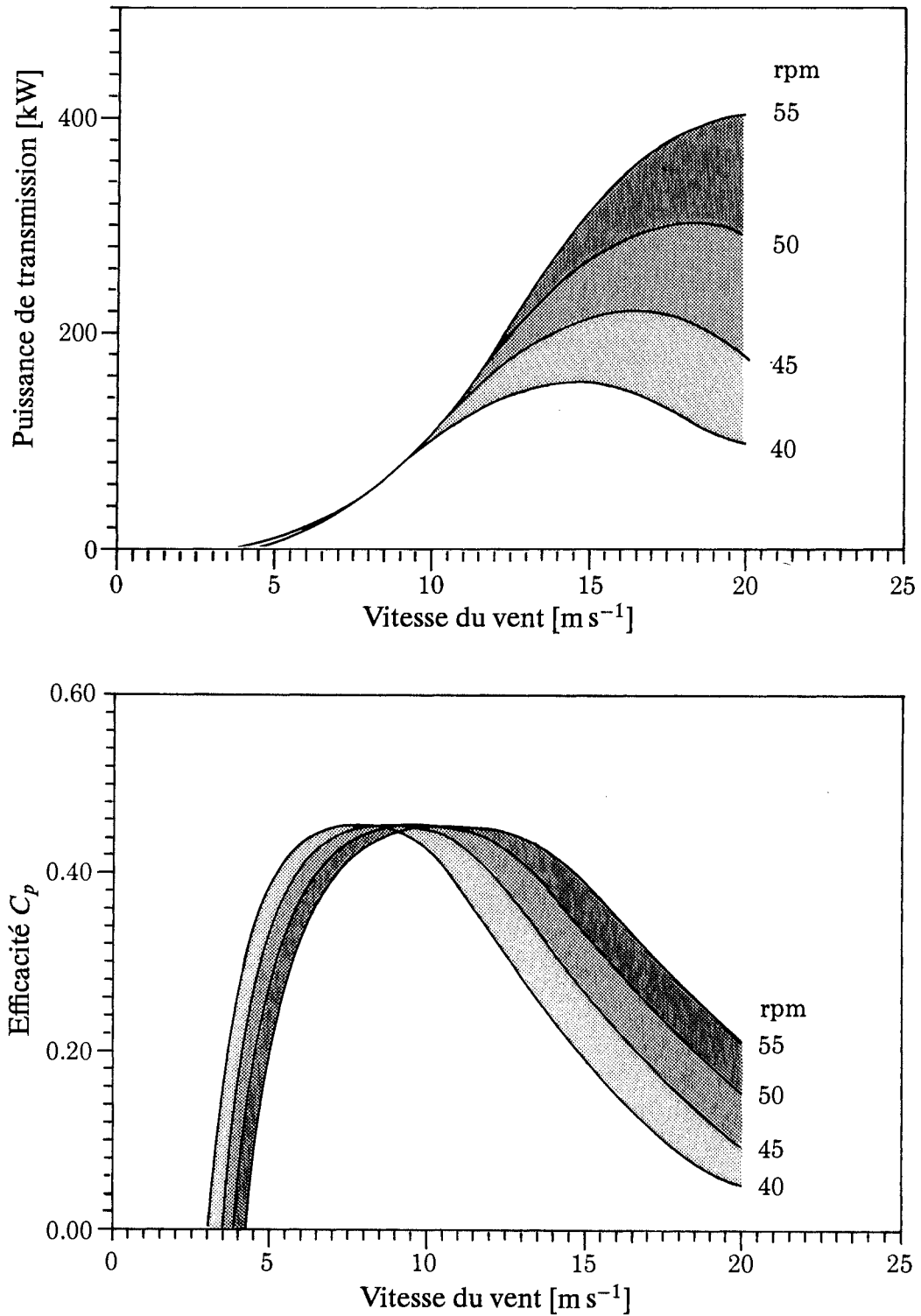


Figure 6.5: L'effet des variations de la vitesse de rotation (rpm: rotations par minute) sur les performances de puissance. L'aérogénérateur est installé sur un pylône de 30 m de hauteur et avec un rotor de 23 m de diamètre. L'angle de calage est de 0 degré. La figure du haut montre des courbes de puissance aérodynamique tandis que la figure du bas illustre les courbes d'efficacité aérodynamique.

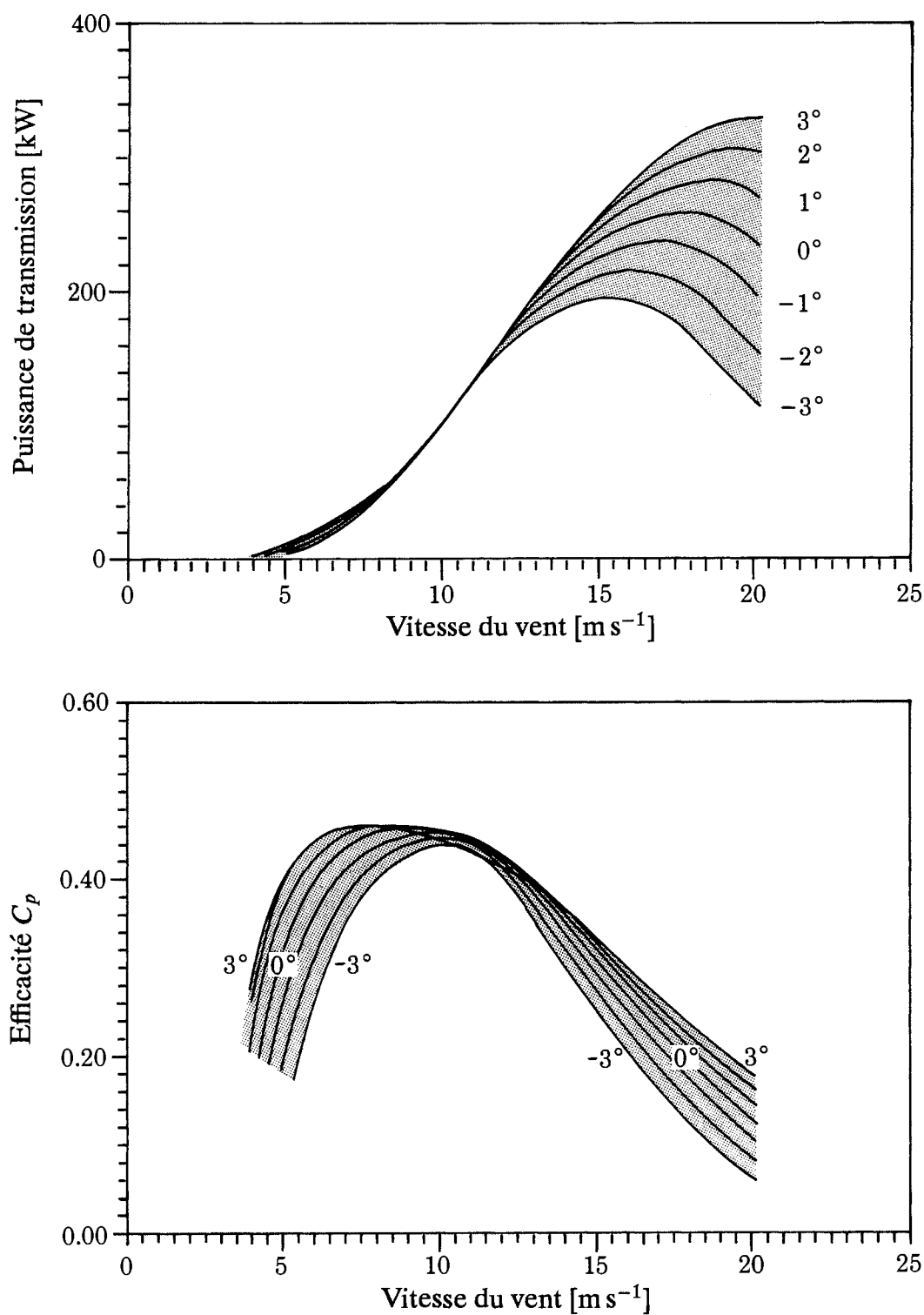


Figure 6.6: L'effet des variations de l'angle de calage de l'extrémité de pale θ [$^\circ$] sur les performances de puissance. L'aérogénérateur est installé à 30 m de hauteur avec un rotor de 23 m de diamètre. La vitesse de rotation est de 47.5 rpm. La figure du haut donne les courbes de puissance aérodynamique tandis que la figure du bas indique les courbes d'efficacité aérodynamique.

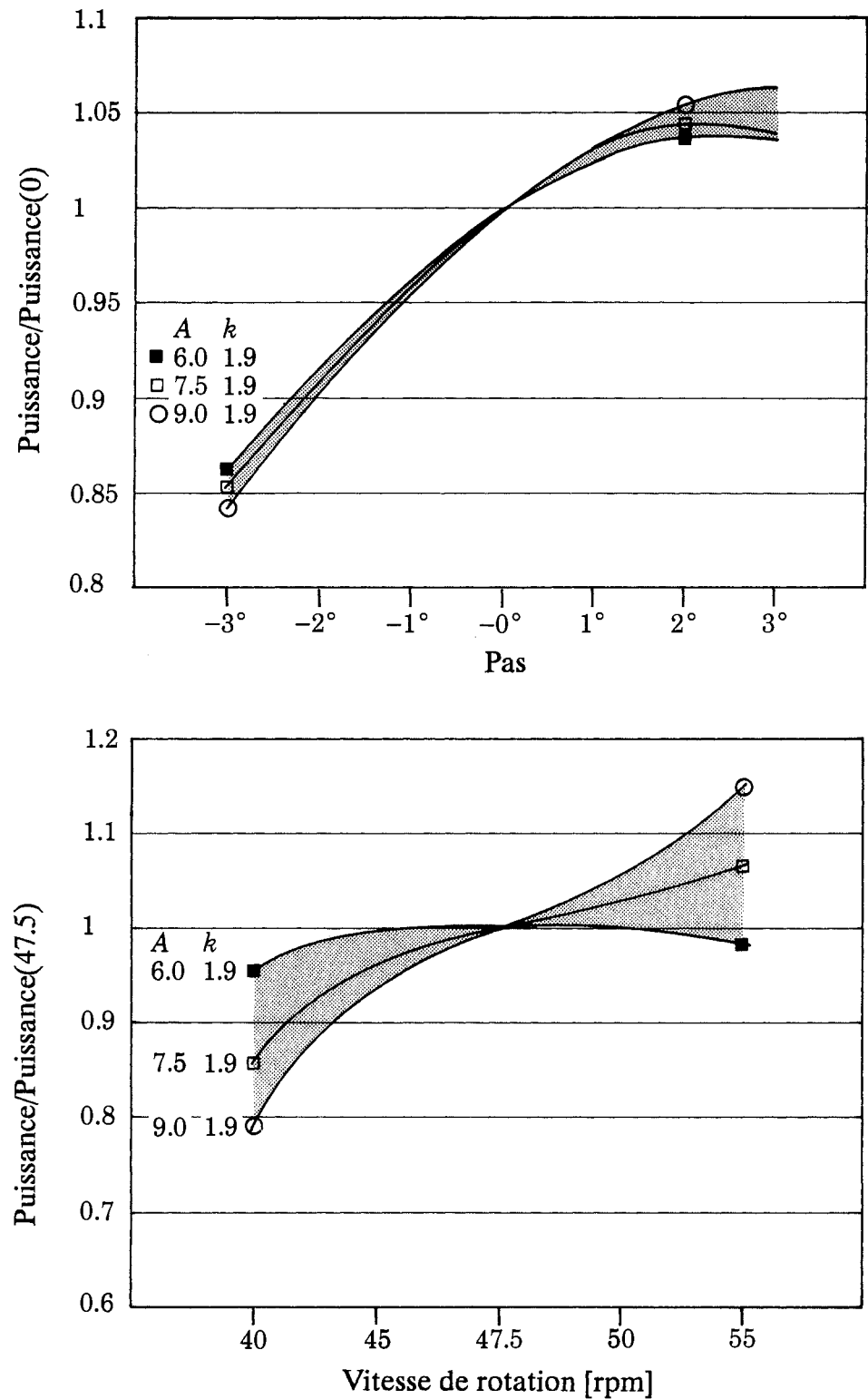


Figure 6.7: Variations de la production de puissance pour différents angles de calage (figure du haut) et différentes vitesses de rotation (figure du bas). L'aérogénérateur est le même que celui des figures 6.5 et 6.6. La production de puissance est indiquée pour trois situations climatologiques de vent différentes, illustrées par un jeu de trois couples de paramètres A et k de Weibull.

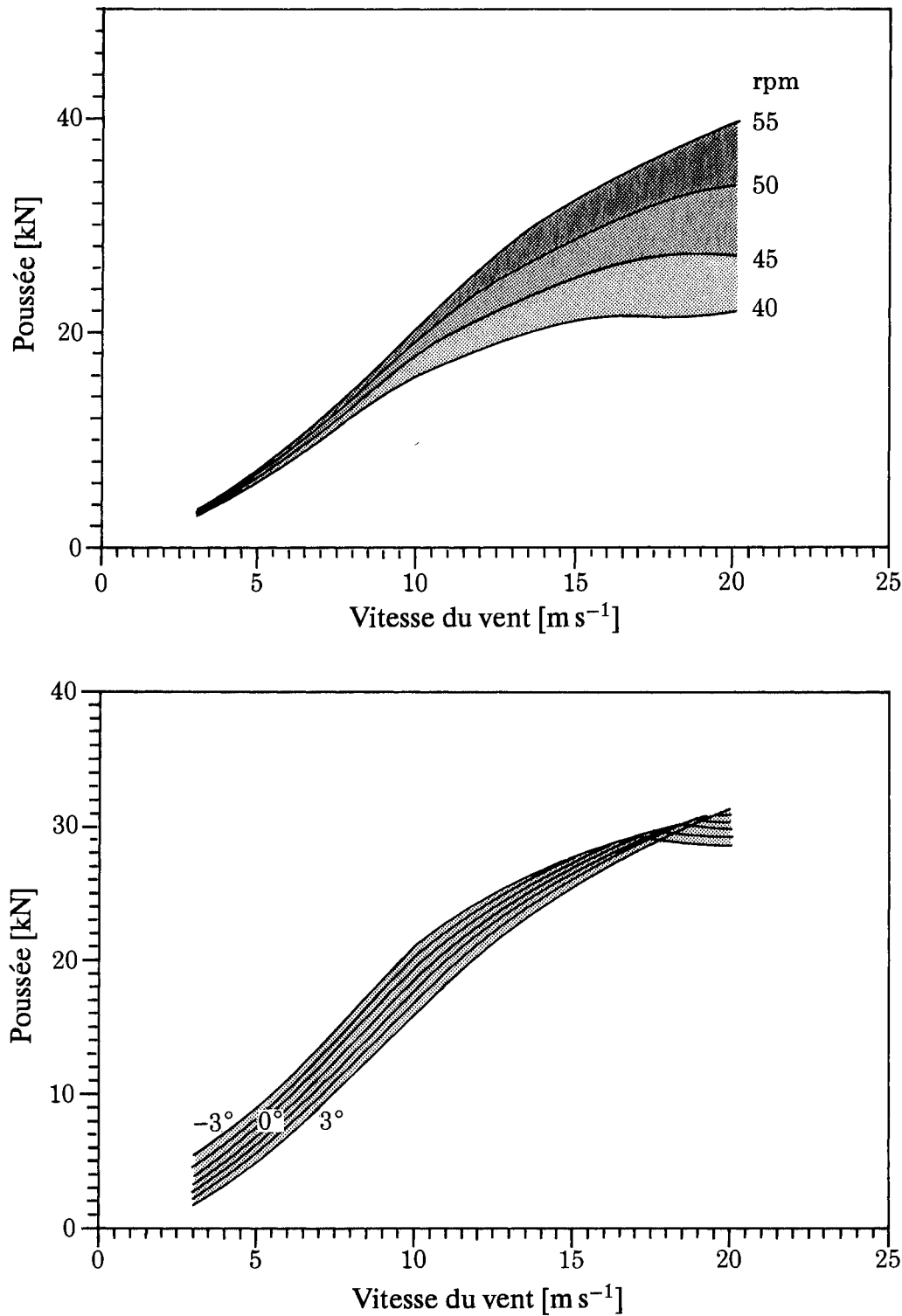


Figure 6.8: Surcharges d'un aérogénérateur en fonction de la vitesse du vent pour différentes valeurs de l'angle de calage et de la vitesse de rotation du rotor. L'aérogénérateur est le même que celui des figures 6.5 et 6.6. La figure du haut donne la poussée en faisant varier la vitesse de rotation du rotor avec un angle de calage constant égal à 0°. La figure du bas donne la poussée en faisant varier l'angle de calage avec une vitesse de rotation constante égale à 47.5 rpm.

Chapitre 7

Statistiques et climatologie des stations

Les données climatologiques des stations météorologiques utilisées dans cette étude sont présentées dans ce chapitre sous forme de tableaux et de graphes. Pour chaque station, les tableaux donnent les résultats du calcul de la climatologie du vent *représentative à l'échelle régionale* obtenue à partir des données des stations en appliquant le modèle d'analyse de l'Atlas Eolien. Les tableaux présentent également un résumé des données brutes et des conditions de mesure. En outre, à la fin des tableaux de chaque pays, les données brutes ainsi que d'autres quantités sont représentées graphiquement sous une forme intitulée "empreinte climatologique".

La présentation des résultats est donnée par ordre alphabétique:

- | | |
|--------------------|-----------------|
| 1. Belgique | 7. Italie |
| 2. Danemark | 8. Luxembourg |
| 3. France | 9. Pays-Bas |
| 4. Allemagne (RFA) | 10. Portugal |
| 5. Grèce | 11. Espagne |
| 6. Irlande | 12. Royaume-Uni |

Les stations sont listées dans chaque section relative à un pays, également par ordre alphabétique. Les résultats de chaque station apparaissent sur deux pages entière, la page de gauche contient:

- une description de la station
- un résumé des données brutes

tandis que la page de droite présente:

- le résultat du calcul des paramètres régionaux de Weibull
- le résultat du calcul des vitesses du vent et de l'énergie éolienne moyennes

Les détails sur la présentation des données sont expliqués dans les paragraphes suivants.

7.1 Description de la station et tableaux statistiques

Description de la station

La description de la station comprend la position géographique, le lieu d'implantation de la station et son environnement. Elle contient également la présentation du tableau de variation de la rugosité, appelé rose de rugosité.

Nom de la station Les noms des stations sont ceux qui sont utilisés dans le langage courant de chaque pays et sont donc orthographiés en conséquence.

Coordonnées géographiques La latitude et la longitude de chaque station sont données en degrés, minutes et secondes – habituellement à la minute la plus proche. Une liste des coordonnées géographiques de toutes les stations est donnée par la Table 7.1.

Coordonnées UTM Les coordonnées UTM (Universal Transverse Mercator) consiste en un numéro de zone UTM ainsi que de valeurs à l'Est et au Nord en mètres. Ces coordonnées ont été calculées comme les coordonnées UTM exactes correspondant à la position géographique de la station. Donc, la résolution de ces coordonnées ne se réfère pas aux coordonnées actuelles de la station. Geodetic Datum: European Datum 1950.

Altitude L'altitude de la station est donnée en mètres au-dessus du niveau moyen de la mer (m a.n.m.).

Description de la station L'emplacement général de chaque station est décrit, c.a.d la configuration principale du terrain, les distances à partir de la mer, des lacs, des rivières, des forêts, des montagnes etc. Les obstacles principaux au voisinage de l'anémomètre peuvent être également mentionnés, ainsi que toutes les autres informations significatives susceptibles d'être utilisées pour l'interprétation des statistiques de la station.

Rose de rugosité Les longueurs de rugosité [m] attribuées au terrain situé autour de la station sont listées pour chacun des douze secteurs de 30°. Les valeurs de la longueur de rugosité ainsi que la distance à laquelle les changements se produisent à l'intérieur de chaque secteur y sont également listées. En outre, les facteurs de correction de la vitesse et de la direction du vent – pour tenir compte des effets d'obstacle et de l'influence du forcing orographique – appliqués pour le calcul de l'Atlas Eolien, sont donnés sur un tableau séparé et adjacent à celui de la rose de rugosité. Si une station a fait l'objet uniquement d'une correction de l'effet d'obstacle, il n'y a pas de correction des directions de vent.

Résumé des données brutes

Distribution des mesures de vent Ce tableau donne la distribution sectorielle des mesures de base de la vitesse du vent. Ce tableau donne également la distribution des vitesses de vent à l'intérieur de chaque secteur. La fréquence d'occurrence des vents

dans chaque secteur est exprimée en pour cent, tandis que la distribution des vitesses de vent est donnée en pour mille, c.a.d normalisée à 1000 à l'intérieur de chaque secteur. Les statistiques du tableau se rapportent à la hauteur de l'anémomètre en mètres au-dessus du sol (m a.s). Le tableau se rapporte également à une période de mesure indiquée en haut du tableau. Le format de la période donnée est AnMo-JoHe, par exemple 83123121 indique le 31 Décembre 1983 à 21:00.

La distribution de la vitesse du vent de chaque secteur a fait l'objet d'un ajustement par une fonction de distribution de Weibull. Les paramètres A en $[m s^{-1}]$ et k de Weibull sont listés dans les deux dernières colonnes du même tableau.

Variation quotidienne et annuelle de la vitesse du vent Ce tableau donne la vitesse moyenne du vent en fonction de l'heure de la journée et du mois de l'année. L'heure est exprimée en UTC (Coordinated Universal Time) équivalent à l'heure GMT.

Climatologie régionale et valeurs moyennes

Les tableaux de l'Atlas Eolien Ces tableaux présentent les résultats du calcul des paramètres A et k de Weibull pour 12 secteurs, 5 hauteurs et 4 classes de rugosité. En plus, la distribution sectorielle de la vitesse du vent est donnée en pour cent pour chaque classe de rugosité. Le paramètre A de Weibull est donné en $[m s^{-1}]$.

Estimation de la vitesse et puissance moyenne Le dernier tableau de la page de droite donne les valeurs estimées (calculées) de la vitesse moyenne $[m s^{-1}]$ et de la puissance totale moyenne du vent $[W m^{-2}]$ pour chacune des cinq hauteurs standard et des quatre classes de rugosité. Ces calculs ont été effectués en utilisant les paramètres de Weibull des tableaux de l'Atlas Eolien.

7.2 Les empreintes climatologiques du vent

L'objectif des représentations graphiques, indiquées à la fin des résultats des données de chaque pays, est de donner une vue générale relativement compacte et instructive des données de vent utilisées dans l'Atlas Eolien. La première ligne donne le nom de la station météorologique, le nom du pays et la période au cours de laquelle les données ont été collectées. Ceci est suivi par la hauteur à laquelle les mesures ont été effectuées, la valeur moyenne, l'écart type et la valeur moyenne du cube des vitesses mesurées. La représentation graphique comporte cinq graphes.

L'année moyenne La variation saisonnière moyenne de la vitesse du vent (ligne en trait plein) et du cube de la vitesse (ligne en tiretés) est illustrée dans le graphe de gauche du sommet de la page. Toutes les données associées au même mois calendaire sont moyennées et les résultats sont pointés au milieu de chacun des intervalles mensuels. Les vitesses moyennes de vent en $m s^{-1}$ et la moyenne du cube de la vitesse en $m^3 s^{-3}$ sont indiquées en ordonnées. Les valeurs lues sur le graphe doivent être multipliées par le facteur d'échelle donné à droite. Les courbes continues sont obtenues par interpolation utilisant une fonction "cubique spline". Les vitesses de vent sont

également présentées dans les tableaux donnant les descriptions des stations.

Les jours moyens La variation journalière moyenne de la vitesse du vent mesurée pour les mois de Janvier et de Juillet est donnée dans le graphe situé en haut et à droite. La variation horaire moyenne de la vitesse du vent est tracée en lignes pleines pour les mois de Janvier et Juillet et en tiretés pour le cube de cette valeur. Les données de tous les mois de Janvier (Juillet) se rapportant à un même instant du jour sont moyennées. Les résultats obtenus pour chacune des heures standard (UTC) sont tracés en utilisant une courbe lissée d'interpolation (fonction cubique spline). L'ordonnée moyenne de chaque courbe est identique à l'ordonnée du graphe de gauche correspondant à la courbe de l'année moyenne. Les unités en ordonnée sont le m s^{-1} pour la vitesse moyenne et le m^3s^{-3} pour la moyenne du cube de la vitesse. Les valeurs lues sur le graphe doivent être multipliées par le facteur d'échelle indiqué à gauche du graphe. Les jours moyens de chaque mois calendaire sont calculés et définissent – pour chaque mois calendaire – un jour moyen ou de référence qui est utilisé dans le calcul spectral. Les valeurs des vitesses retenues sont celles qui sont présentées dans les tableaux de description de la station.

La rose des vents Les fréquences relatives des vents pour chacun des douze secteurs sont indiquées plus bas, dans le graphe de gauche, par les portions en traits pleins. Pour chaque secteur, la contribution au total de la vitesse moyenne est indiquée par la portion la plus petite et la contribution au total de la moyenne du cube est donnée par la portion centrale. Pour chaque quantité, la normalisation est telle que les valeurs les plus grandes sont délimitées par le cercle concentrique le plus grand (en pointillé). La valeur correspondante de chacune des trois quantités est donnée en pour cent dans la petite case, en bas et à gauche de la rose; les nombres sont arrondis à l'entier le plus proche. Le cercle intérieur correspond à la moitié de chacune de ces valeurs.

Le spectre La contribution à la variance totale de la vitesse du vent pour différentes périodes est illustrée par la courbe en trait plein du graphe situé au milieu et à droite. L'échelle verticale est arbitrairement ajustée pour centrer la courbe. Les abscisses indiquent les périodes sur une échelle logarithmique. La courbe est déterminée à partir de la série chronologique complète en soustrayant les valeurs du jour moyen de chaque mois, pour tous les jours, heure par heure. Les jours moyens pour les douze mois de l'année ont été calculés tel que cela a été décrit ci-dessus pour les mois de Janvier et Juillet. Dans ce contexte, les jours moyens sont considérés comme étant déterministes à l'inverse des écarts qui, calculés à partir de la série chronologique, constituent la partie stochastique. On calcule ensuite la transformée de Fourier des écarts et les estimations spectrales sont élevées au carré puis moyennées par bandes d'égale largeur correspondant aux largeurs indiquées par la courbe.

La barre verticale en trait plein à gauche donne la contribution à l'écart-type de la vitesse du vent dans le jeu de données pour des périodes d'une année. Ceci est calculé comme étant l'écart-type de l'année moyenne (en haut et à gauche). La barre adjacente en pointillés donne de façon similaire la contribution de l'année moyenne à l'écart-type du cube de la vitesse. Les unités sont indiquées en pour cent de l'écart-type total des données. De la même manière, les barres verticales de droite indiquent

les contributions aux écarts-types de la vitesse et de son cube par périodes s'ajustant sur un jour, c.a.d 24, 12, 8 et 6 heures dans le cas présent des données tri-horaires. Les nombres listés en haut et à gauche dans le graphe représentent la contribution, en pour cent, à l'écart-type total due aux variations aléatoires contenues dans le spectre de variance. Cette contribution est divisée en trois parties par des périodes plus longues qu'une année, par des périodes comprises entre une année et un jour et des périodes plus petites qu'un jour (La somme des carrés des contributions de ces parties aléatoires et des contributions de l'année moyenne et du jour moyen déterministe, est égale à l'unité). Les nombres indiqués dans la petite case en bas du graphe et à droite donne l'écart-type relatif de la vitesse et de son cube pour le jour moyen du mois de Janvier (les premier chiffres) et pour le jour moyen de Juillet (les deux derniers chiffres).

La variation temporelle L'écart relatif mensuel par rapport aux mois moyens est illustré par le graphe du bas. Pour chaque mois, les valeurs moyennes de la vitesse et de son cube sont calculées puis on leur retranche les valeurs du mois correspondant du graphe de l'*année moyenne* (en haut à gauche). L'écart relatif est indiqué par les courbes en dents de scie – la courbe en trait plein correspond à la vitesse tandis que la courbe en pointillés correspond au cube de la vitesse. La courbe lissée en trait plein illustre l'écart relatif inter-annuel de la vitesse moyenne par rapport à la moyenne totale. Chaque point de cette courbe donne l'écart relatif moyen centré sur une période d'une année (six mois avant et six mois après). La valeur centrale d'une année calendaire donnée indique ainsi l'écart relatif de cette année particulière. De la même manière, les petits cercles montrent l'écart relatif de la moyenne du cube de la vitesse pour chaque année calendaire. Les nombres indiqués à droite donnent la moyenne quadratique des écarts annuel en pour cent, pour la vitesse moyenne (chiffre du bas) et pour son cube (chiffre du haut). L'échelle verticale est linéaire entre -1 et $+1$. Au dessus de $+1$, l'échelle est ajustée de manière à permettre l'illustration des écarts plus importants.

7.3 Statistiques et climatologie des stations

Les 190 stations météorologiques d'observation en surface utilisées dans l'Atlas Eolien sont listées dans la Table 7.1. La position géographique et la période pour lesquelles les données de vent étaient disponibles sont données pour chaque station. Les pages sur lesquelles on peut trouver les tableaux et l'empreinte climatologique de chaque station sont données dans les deux dernières colonnes de la Table. Les tableaux ainsi que les empreintes sont donnés pour 175 stations; 3 stations sont représentées uniquement par leurs tableaux climatologiques et 12 autres par leur empreinte climatologique seulement.

Les 29 stations de radiosondage sont listées dans la Table 7.2. La position géographique, l'altitude d'observation et la période pour laquelle les données ont été analysées sont indiquées pour chaque station. Les données de ces stations sont présentées uniquement dans des tableaux. Un résumé des distributions de vitesse de vent observées est donné dans la table 7.3.

Tableau 7.1: Stations météorologiques d'observation en surface utilisées dans l'Atlas Eolien. Les pays de la Communauté Européenne sont indiqués successivement, de même que les stations de chaque pays.

	Latitude	Longitude	Alt. [m]	Période	Table page	Graph page
Belgique						
Florennes	50° 14' N	04° 39' E	280	1975–81	118	128
Melsbroek	50° 54' N	04° 28' E	36	1970–79	120	128
Middelkerke	51° 12' N	02° 52' E	4	1972–81	122	128
Saint Hubert	50° 02' N	05° 24' E	556	1971–80	124	129
Spa	50° 29' N	05° 55' E	573	1971–80	126	129
Danemark						
Ålborg	57° 06' N	09° 52' E	3	1965–72	130	148
Beldringe	55° 29' N	10° 20' E	17	1972–79	132	148
Horns Rev Fyrskib	55° 24' N	07° 34' E	0	1962–80	134	148
Karup	56° 17' N	09° 08' E	52	1971–79	136	149
Kastrup	55° 38' N	12° 40' E	5	1965–72	138	149
Rønne	55° 04' N	14° 45' E	16	1972–79	140	149
Skrydstrup	55° 14' N	09° 16' E	40	1971–79	142	150
Tirstrup	56° 18' N	10° 37' E	25	1971–79	144	150
Værløse	55° 46' N	12° 19' E	19	1972–79	146	150
France						
Abbeville	50° 08' N	01° 50' E	77	1970–78	104	168
Aurillac	44° 53' N	02° 25' E	639	1979–85	106	168
Avord	47° 03' N	02° 39' E	179	1972–78	108	168
Bordeaux	44° 50' N	00° 42' E	51	1970–79	110	168
Brest	48° 27' N	04° 25' W	103	1970–79	112	169
Caen	49° 11' N	00° 27' E	67	1972–79	114	169
Cambrai	50° 13' N	03° 09' E	77	1970–79	116	169
Carcassonne	43° 13' N	02° 19' E	130	1973–78	118	169
Cherbourg	49° 39' N	01° 28' W	138	1970–78	120	170
Clermont-Ferrand	45° 47' N	03° 10' E	332	1976–85	122	170
Dinard	48° 35' N	02° 04' W	59	1970–79	124	170
Evreux	49° 01' N	01° 13' E	146	1970–79	126	170
Gourdon	44° 45' N	01° 24' E	261	1970–79	128	171
Istres	43° 31' N	04° 56' E	24	1970–79	130	171
Le Puy Chadrac	45° 03' N	03° 54' E	715	1976–82	132	171
Limoges	45° 52' N	01° 11' E	402	1973–79	134	171
Lorient	47° 46' N	03° 27' W	44	1970–78	136	172
Lyon	45° 43' N	04° 57' E	201	1970–79	138	172
Millau	44° 07' N	03° 01' E	720	1970–79	140	172
Mont Aigoual	44° 07' N	03° 35' E	1565	1970–79	142	172
Mont de Marsan	43° 55' N	00° 30' E	63	1970–79	144	173
Nantes	47° 10' N	01° 37' W	27	1970–79	146	173

Nîmes	43° 45' N	04° 25' E	96	1970-79	148	173
Orléans	47° 59' N	01° 45' E	125	1970-79	150	173
Perpignan	42° 44' N	02° 52' E	48	1972-78	152	174
Poitiers	46° 35' N	00° 19' E	120	1970-78	154	174
Reims	49° 18' N	04° 02' E	99	1970-78	156	174
Saint Etienne	45° 32' N	04° 18' E	402	1975-84	158	174
Saint Yan	46° 25' N	04° 01' E	244	1975-84	160	175
Toul	48° 47' N	05° 59' E	298	1975-79	162	175
Toulouse	43° 32' N	01° 22' E	166	1970-79	164	175
Vichy	46° 10' N	03° 24' E	251	1977-85	166	175

Allemagne (RFA)

Berlin	52° 28' N	13° 24' E	48	1971-80	224	254
Braunschweig	52° 18' N	10° 27' E	81	1973-81	226	254
Bremen	53° 03' N	08° 47' E	3	1970-79	228	254
Düsseldorf	51° 17' N	06° 47' E	37	1970-79	230	254
Frankfurt	50° 02' N	08° 36' E	111	1971-80	232	255
Hamburg	53° 38' N	09° 59' E	13	1970-79	234	255
Hannover	52° 27' N	09° 42' E	51	1970-79	236	255
Helgoland	54° 11' N	07° 54' E	4	1971-80	238	255
Hof-Hohensaas	50° 19' N	11° 53' E	567	1971-80	240	256
List/Sylt	55° 01' N	08° 25' E	26	1971-80	242	256
München	48° 08' N	11° 43' E	527	1970-79	244	256
Nürnberg	49° 30' N	11° 05' E	310	1971-80	246	256
Saarbrücken	49° 13' N	07° 07' E	323	1971-80	248	257
Stuttgart	48° 41' N	09° 13' E	373	1972-81	250	257
Weißenburg	49° 01' N	10° 58' E	422	1971-80	252	257

Grèce

Araxos	38° 13' N	21° 22' E	15	1974-75	258	—
Athina	37° 54' N	23° 44' E	28	1974-83	260	278
Chios	38° 22' N	26° 08' E	5	1974-83	—	278
Heraklion	35° 20' N	25° 08' E	37	1974-83	262	278
Kerkyra	39° 37' N	19° 55' E	2	1974-83	264	278
Limnos (Agio Sozon)	39° 29' N	25° 13' E	47	1986-87	266	—
Limnos (Airport)	40° 06' N	24° 30' E	5	1974-75	268	—
Methoni	36° 49' N	21° 42' E	33	1974-83	—	279
Milos	36° 45' N	24° 26' E	182	1974-83	—	279
Mytilini	39° 06' N	26° 33' E	17	1974-83	270	279
Naxos	37° 00' N	25° 23' E	9	1974-83	272	280
Rodos	36° 23' N	28° 07' E	4	1974-83	274	280
Thessaloniki	40° 31' N	22° 58' E	8	1974-83	276	280

Irlande

Belmullet	54° 14' N	10° 00' W	9	1966-75	282	302
Claremorris	53° 43' N	08° 59' W	69	1967-77	284	302
Cork	51° 51' N	08° 29' W	162	1970-79	286	302

Dublin	53° 26' N	06° 15' W	65	1970–79	288	302
Kilkenny	52° 40' N	07° 16' W	63	1970–79	290	303
Malin Head	55° 22' N	07° 20' W	24	1970–79	292	303
Mullingar	53° 32' N	07° 21' W	101	1974–83	294	303
Roches Point	51° 48' N	08° 15' W	40	1970–79	296	304
Shannon	52° 41' N	08° 55' W	8	1970–79	298	304
Valentia	51° 56' N	10° 15' W	18	1970–79	300	304

Italie

Alghero	40° 38' N	08° 17' E	40	1960–69	306	360
Bolzano	46° 28' N	11° 20' E	241	1966–75	308	360
Brindisi	40° 39' N	17° 57' E	15	1965–75	310	360
Cagliari	39° 15' N	09° 03' E	18	1951–70	312	360
Campeda	40° 21' N	08° 45' E	660	1980–86	314	361
Campo Marino	41° 56' N	15° 01' E	100	1985–88	—	361
Campolieto	41° 37' N	14° 47' E	970	1985–88	—	361
Capo Bellavista	32° 56' N	09° 43' E	138	1960–69	316	361
Capo Palinuro	40° 01' N	15° 17' E	184	1960–69	318	362
Capo Sandalo	39° 09' N	08° 14' E	100	1981–86	320	362
Capracotta	41° 50' N	14° 15' E	1370	1984–88	—	362
Cingoli	43° 23' N	13° 12' E	815	1984–88	—	362
Cirras	39° 49' N	08° 34' E	5	1980–85	322	363
Fiume Santo	40° 51' N	08° 18' E	50	1981–85	324	363
Frosolone	41° 36' N	14° 27' E	1360	1984–88	—	363
Gioia del Colle	40° 41' N	16° 56' E	350	1965–75	326	363
Grosseto	42° 45' N	11° 04' E	7	1965–75	328	364
Le Porte	42° 21' N	10° 55' E	380	1983–87	330	364
Lecce Galatina	40° 14' N	18° 09' E	48	1965–75	332	364
Macerata	43° 18' N	13° 27' E	350	1984–88	—	364
Mazara	37° 40' N	12° 35' E	40	1983–87	—	365
Milano	45° 26' N	09° 17' E	103	1966–75	334	365
Monte Arci	39° 45' N	08° 48' E	780	1980–85	336	365
Nago	45° 50' N	10° 54' E	170	1984–87	—	365
Olbia	40° 56' N	09° 30' E	2	1959–68	338	366
Pisa	43° 41' N	10° 23' E	2	1965–75	340	366
Ponza	40° 55' N	12° 57' E	184	1965–74	342	366
Salcito	41° 47' N	14° 33' E	890	1985–88	—	366
San Gavino	40° 32' N	08° 47' E	20	1979–85	344	367
San Gilla	39° 13' N	09° 06' E	1	1980–85	346	367
Santa Anna	39° 50' N	08° 41' E	40	1980–85	348	367
Santa Caterina	39° 06' N	08° 29' E	1	1981–86	350	367
Scopeto	42° 23' N	10° 54' E	180	1983–86	352	368
Trapani	37° 55' N	12° 30' E	7	1970–75	354	368
Unia	40° 50' N	08° 20' E	40	1979–85	356	369
Uras	39° 42' N	08° 42' E	30	1979–81	358	369

Luxembourg

Findel	49° 37' N	06° 12' E	376	1970–79	370	372
--------	-----------	-----------	-----	---------	-----	-----

Pays-Bas

Eelde	53° 08' N	06° 35' E	5	1970–76	374	386
Eindhoven	51° 27' N	05° 25' E	20	1970–76	376	386
Leeuwarden	53° 13' N	05° 46' E	0	1970–76	378	386
Schiphol	52° 18' N	04° 46' E	–4	1970–76	380	387
Terschelling	53° 21' N	05° 11' E	1	1970–76	382	387
Texel Lichtschip	53° 01' N	04° 22' E	0	1970–76	384	387

Portugal

Beja	38° 01' N	07° 52' W	246	1971–80	388	418
Bragança	41° 48' N	06° 44' W	691	1971–80	390	418
Cabo Carvoeiro	39° 21' N	09° 24' W	32	1971–80	392	418
Coimbra	40° 12' N	08° 25' W	141	1971–80	394	418
Faro	37° 01' N	07° 58' W	8	1971–80	396	419
Ferrel	39° 23' N	09° 17' W	20	1977–78	398	419
Flores	39° 27' N	31° 08' W	28	1971–80	400	419
Funchal	32° 41' N	16° 46' W	49	1971–80	402	419
Lisboa	38° 47' N	09° 08' W	103	1971–80	404	420
Porto	41° 14' N	08° 41' W	70	1971–80	406	420
Porto Santo	33° 04' N	16° 21' W	78	1971–80	408	420
Sagres	36° 59' N	08° 57' W	40	1971–80	410	420
Santa Maria	36° 58' N	25° 10' W	100	1971–80	412	421
Sines	37° 57' N	08° 53' W	15	1973–80	414	421
Viana do Castelo	41° 42' N	08° 48' W	16	1971–80	416	421

Espagne

Albacete	38° 56' N	01° 51' W	700	1972–82	422	474
Alicante	38° 17' N	00° 32' E	30	1972–82	424	474
Almería	36° 51' N	02° 23' W	20	1972–82	426	474
Avilés	43° 33' N	06° 02' W	100	1972–82	428	474
Badajoz	38° 53' N	06° 50' W	185	1972–82	430	475
Barcelona	41° 18' N	02° 05' E	5	1972–85	432	475
El Hierro	27° 49' N	17° 53' W	31	1973–82	434	475
Fuerteventura	28° 27' N	13° 51' W	17	1972–82	436	475
Gerona	41° 54' N	02° 46' E	128	1972–82	438	476
Granada	37° 11' N	03° 47' W	569	1972–82	440	476
La Coruña	43° 08' N	08° 23' W	97	1972–82	442	476
Lanzarote	28° 56' N	13° 37' W	20	1972–82	444	476
Las Palmas	27° 56' N	15° 23' W	24	1973–82	446	477
Madrid	40° 25' N	03° 41' W	581	1972–85	448	477
Málaga	36° 43' N	04° 25' W	7	1972–82	450	477
Menorca	39° 53' N	04° 15' E	82	1972–82	452	477
Murcia	37° 58' N	01° 14' W	75	1972–82	454	478
Palma de Mallorca	39° 33' N	02° 44' E	4	1972–82	456	478
Pamplona	42° 46' N	01° 39' W	454	1973–82	458	478
Salamanca	40° 57' N	05° 30' W	790	1972–82	460	478
Santiago de Compostela	42° 56' N	08° 26' W	364	1972–82	462	479

Sevilla	37° 25' N	05° 54' W	27	1972–82	464	479
Tenerife (Los Rodeos)	28° 28' N	16° 19' W	605	1972–82	466	479
Tenerife (Reina Sofía)	28° 02' N	16° 34' W	72	1978–82	468	480
Valencia	39° 07' N	00° 28' E	62	1972–82	470	480
Zaragoza	41° 40' N	01° 01' W	247	1972–85	472	480
Royaume-Uni						
Bala	52° 54' N	03° 35' W	163	1975–82	482	526
Benbecula	57° 28' N	07° 22' W	6	1970–81	484	526
Birmingham	52° 27' N	01° 44' W	94	1970–81	486	526
Blackpool	53° 46' N	03° 02' W	10	1972–82	488	526
Bournemouth	50° 47' N	01° 50' W	10	1970–81	490	527
Burrington	50° 56' N	03° 59' W	201	1977–82	492	527
Cairngorm	57° 13' N	03° 39' W	1065	1970–80	494	527
Castle Archdale	54° 28' N	07° 42' W	66	1971–81	496	527
Coltishall	52° 45' N	01° 21' E	19	1971–80	498	528
Duirinish	57° 32' N	05° 41' W	18	1970–80	500	528
Dustaffnage	56° 28' N	05° 26' W	3	1971–80	502	528
Eskdalemuir	55° 19' N	03° 12' W	249	1970–80	504	528
Exeter	50° 44' N	03° 25' W	31	1970–81	506	529
Fort Augustus	57° 08' N	04° 43' W	42	1970–81	508	529
London	51° 28' N	00° 28' E	24	1973–82	510	529
Lowther Hill	55° 23' N	03° 45' E	727	1974–82	512	529
Manchester	53° 21' N	02° 16' W	70	1971–80	514	530
Snaefell	54° 18' N	04° 28' W	615	1974–82	516	530
Valley	53° 15' N	04° 32' W	10	1971–80	518	530
Waddington	53° 10' N	00° 32' E	70	1971–80	520	531
Wick	58° 30' N	03° 06' E	35	1971–80	522	531
Yeovilton	51° 00' N	02° 38' W	17	1971–80	524	531

Tableau 7.2: Stations de radiosondage utilisées dans l'Atlas Eolien. Les altitudes sont données en millibars [mb] ou en mètres [m] au dessus du niveau moyen de la mer. Les données de la station de Risø, Danemark ont été obtenues à partir des mesures de pression en surface. ►

	Latitude	Longitude	Alt.	Période	Table page
Belgique					
Ukkel	50° 48' N	04° 21' E	850 mb	1968–80	533
Danemark					
Risø	55° 42' N	12° 05' E	surface	1965–77	534
France					
Ajaccio	41° 55' N	08° 48' E	1500 m	1961–74	177
Bordeaux	44° 50' N	00° 42' W	1500 m	1961–74	178
Brest	48° 27' N	04° 25' W	1500 m	1961–74	179
Lyon	45° 44' N	04° 57' E	1500 m	1961–74	180
Nancy	48° 41' N	06° 13' E	1500 m	1961–74	181
Nantes	47° 10' N	01° 37' W	1500 m	1962–75	182
Nîmes	43° 52' N	04° 24' E	1500 m	1961–74	183
Toulouse	43° 38' N	01° 22' E	1500 m	1962–75	184
Trappes	48° 46' N	02° 01' E	1500 m	1961–74	185
Allemagne (RFA)					
Emden	53° 21' N	07° 13' E	850 mb	1961–70	544
Essen	51° 24' N	06° 58' E	850 mb	1965–71	545
Hannover	52° 28' N	09° 42' E	850 mb	1961–70	546
München	48° 08' N	11° 43' E	850 mb	1961–70	547
Schleswig	54° 32' N	09° 33' E	850 mb	1961–70	548
Stuttgart	48° 50' N	08° 12' E	850 mb	1961–70	549
Grèce					
Athina	37° 54' N	23° 44' E	850 mb	1974–84	550
Heraklion	35° 20' N	25° 11' E	700 mb	1974–84	551
Irlande					
Valentia	51° 56' N	10° 15' W	850 mb	1970–79	552
Italie					
Brindisi	40° 39' N	17° 57' E	850 mb	1967–73	553
Cagliari	39° 15' N	09° 03' E	850 mb	1967–73	554
Roma	41° 48' N	12° 14' E	850 mb	1967–73	555
Udine	46° 02' N	13° 11' E	850 mb	1967–73	556
Royaume-Uni					
Aughton	53° 33' N	02° 55' W	850 mb	1961–70	557
Camborne	50° 13' N	05° 19' W	850 mb	1961–70	558
Crawley	51° 05' N	00° 13' W	850 mb	1961–70	559
Hemsby	52° 41' N	01° 41' E	850 mb	1961–70	560
Lerwick	60° 01' N	01° 11' W	850 mb	1961–70	561
Stornoway	58° 13' N	06° 20' W	850 mb	1961–70	562

Abbeville

50° 08' 00" N 01° 50' 00" E UTM 31 E 416616 m N 5554219 m 77 m a.n.m.

Le site se trouve au Nord de la France à 25 km de la côte de la Manche. Le centre d'Abbeville est à 3 km au Sud du site. Le terrain est relativement dégagé mais avec beaucoup de petits villages sans qu'aucun d'eux ne se trouve à moins de 2 km du site. Le terrain est ondulé. A une distance approximative de 1 à 2 km dans les secteurs allant du Sud Ouest à l'Est en passant par le secteur Sud, il existe un escarpement délimitant la vallée de la Somme.

L'anémomètre est situé au Sud des pistes. A l'exception du bâtiment de la station météorologique situé 150 m à l'Est, il n'y a pas d'obstacles à moins de 500 m.

Sect	z01	x1	z02	x2	z03	x3	z04	x4	z05	x5	z06	Prc	Deg
0	0.01	2000	0.10									4	-1
30	0.01	1000	0.10	3000	0.30							4	
60	0.01	1500	0.03	2200	0.40							5	1
90	0.01	1750	0.40									7	1
120	0.01	800	0.05	1700	0.40							8	
150	0.01	800	0.05	1500	0.40							7	-1
180	0.01	1000	0.05	1600	0.50							5	-1
210	0.01	1000	0.05	1800	0.40							4	
240	0.01	1300	0.05	2300	0.30							5	1
270	0.01	500	0.20	800	0.03	2200	0.30					7	1
300	0.01	600	0.30	3000	0.10							7	
330	0.01	1750	0.20									6	-1

Hauteur de l'anémomètre: 11.0 m a.s. Période: 70010103–78123121

Sect	Freq	<1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	4.8	101	119	172	167	128	111	71	44	37	32	12	5	2	0	4.6	1.58
30	6.7	61	62	110	161	152	153	117	75	51	45	8	2	1	0	5.6	2.19
60	8.6	61	64	120	187	175	146	103	71	38	27	7	0	0	0	5.2	2.19
90	6.2	94	102	177	193	167	114	77	33	26	15	1	1	0	0	4.4	1.97
120	7.8	74	98	184	201	172	122	68	48	20	11	2	0	0	0	4.4	2.04
150	9.7	64	93	166	206	159	137	79	56	26	10	3	0	0	0	4.6	2.07
180	7.8	70	101	165	187	133	111	85	59	38	35	13	1	0	0	4.8	1.74
210	8.7	58	79	153	183	145	111	83	68	49	50	18	2	0	0	5.1	1.77
240	10.2	50	63	118	145	144	125	98	70	61	70	33	12	6	2	5.9	1.74
270	12.9	42	69	101	107	111	118	111	94	70	95	48	22	8	3	6.8	1.91
300	10.1	57	81	129	136	150	131	107	70	47	56	23	10	3	0	5.6	1.84
330	6.6	87	129	172	175	137	100	74	46	33	34	10	3	0	0	4.5	1.63
Total	100.0	65	85	143	167	147	124	92	64	44	44	17	6	2	1	5.2	1.76

UTC	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Année
0	5.2	4.8	4.4	4.1	3.5	3.0	3.2	2.8	3.4	3.8	4.7	4.9	4.0
3	5.1	4.6	4.3	4.1	3.3	3.0	3.2	2.7	3.3	3.9	4.7	4.8	3.9
6	5.1	5.0	4.4	4.2	3.5	3.2	3.2	2.8	3.6	4.0	4.8	4.9	4.1
9	5.2	5.2	5.2	5.7	4.9	4.5	4.5	4.1	4.4	4.5	5.1	5.0	4.9
12	5.9	6.0	6.1	6.4	5.6	5.1	5.4	4.9	5.3	5.3	6.0	5.6	5.6
15	5.8	5.9	6.2	6.6	5.9	5.4	5.7	5.3	5.3	5.1	5.4	5.4	5.7
18	5.3	5.0	4.9	5.7	5.1	5.1	5.1	4.3	4.0	3.8	4.8	5.0	4.8
21	5.3	4.9	4.4	4.4	3.7	3.4	3.4	3.0	3.6	3.8	4.9	5.0	4.2
Jour	5.4	5.2	5.0	5.1	4.5	4.1	4.2	3.8	4.1	4.3	5.1	5.1	4.6

Classe de rugosité 0													
z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	6.0	7.3	7.3	6.5	6.1	6.4	6.7	7.2	7.9	9.0	8.4	6.9	7.3
	1.88	2.32	2.56	2.41	2.37	2.42	2.17	2.06	2.01	2.06	2.10	2.03	2.03
25	6.6	7.9	8.0	7.1	6.7	6.9	7.3	7.9	8.7	9.8	9.2	7.6	8.0
	1.94	2.39	2.64	2.49	2.44	2.50	2.24	2.13	2.07	2.11	2.15	2.09	2.09
50	7.1	8.5	8.6	7.6	7.1	7.5	7.9	8.5	9.3	10.5	9.9	8.1	8.6
	1.99	2.45	2.71	2.55	2.51	2.56	2.30	2.19	2.12	2.16	2.21	2.15	2.14
100	7.7	9.3	9.3	8.3	7.7	8.1	8.6	9.2	10.0	11.2	10.6	8.8	9.3
	1.93	2.38	2.62	2.47	2.42	2.48	2.23	2.12	2.06	2.12	2.15	2.08	2.09
200	8.5	10.2	10.3	9.1	8.6	9.0	9.4	10.1	11.0	12.2	11.6	9.7	10.2
	1.83	2.25	2.49	2.34	2.30	2.35	2.11	2.01	1.97	2.04	2.06	1.97	2.01
Freq	5.6	6.1	7.9	7.1	7.0	8.8	8.6	8.6	9.9	11.8	10.9	7.8	100.0

Classe de rugosité 1													
z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	4.2	5.3	5.0	4.3	4.3	4.5	4.7	5.1	5.6	6.5	5.6	4.4	5.1
	1.59	2.09	2.15	1.97	2.01	2.03	1.76	1.75	1.72	1.86	1.80	1.64	1.75
25	5.1	6.3	6.0	5.2	5.1	5.4	5.7	6.1	6.7	7.7	6.7	5.3	6.1
	1.71	2.25	2.32	2.12	2.17	2.19	1.90	1.88	1.82	1.95	1.93	1.77	1.87
50	5.9	7.3	6.9	6.0	5.9	6.2	6.6	7.1	7.7	8.8	7.7	6.2	7.0
	1.92	2.53	2.61	2.39	2.45	2.47	2.13	2.12	2.00	2.09	2.14	1.99	2.06
100	7.0	8.7	8.2	7.1	7.0	7.4	7.8	8.4	9.0	10.1	9.1	7.4	8.3
	2.05	2.70	2.78	2.55	2.60	2.62	2.27	2.26	2.15	2.25	2.29	2.11	2.21
200	8.7	10.8	10.2	8.9	8.8	9.2	9.7	10.4	11.0	11.9	11.2	9.2	10.2
	1.96	2.58	2.65	2.43	2.49	2.51	2.17	2.15	2.06	2.17	2.19	2.02	2.15
Freq	5.2	6.6	8.4	6.5	7.4	9.2	8.2	8.8	10.2	12.4	10.2	7.0	100.0

Classe de rugosité 2													
z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	3.7	4.7	4.3	3.7	3.8	4.0	4.2	4.4	5.0	5.7	4.8	3.8	4.4
	1.60	2.13	2.15	1.97	2.04	2.10	1.77	1.74	1.73	1.88	1.82	1.65	1.76
25	4.6	5.8	5.4	4.6	4.7	4.9	5.2	5.5	6.1	7.0	5.9	4.7	5.5
	1.71	2.28	2.30	2.11	2.18	2.24	1.89	1.86	1.83	1.96	1.95	1.76	1.87
50	5.4	6.8	6.3	5.4	5.4	5.7	6.1	6.5	7.1	8.1	7.0	5.5	6.4
	1.89	2.53	2.55	2.33	2.42	2.49	2.10	2.06	1.98	2.08	2.15	1.95	2.03
100	6.4	8.1	7.5	6.4	6.5	6.8	7.3	7.7	8.4	9.4	8.3	6.6	7.6
	2.08	2.78	2.80	2.56	2.65	2.73	2.30	2.26	2.18	2.28	2.37	2.14	2.24
200	7.9	9.9	9.2	7.9	8.0	8.4	9.0	9.5	10.1	11.1	10.2	8.1	9.3
	1.99	2.65	2.68	2.45	2.54	2.62	2.20	2.17	2.10	2.20	2.27	2.05	2.18
Freq	5.0	6.8	8.5	6.3	7.5	9.4	8.0	8.9	10.3	12.5	10.0	6.8	100.0

Classe de rugosité 3													
z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	3.0	3.7	3.4	2.9	3.0	3.2	3.3	3.5	4.0	4.5	3.7	2.9	3.5
	1.66	2.14	2.13	1.98	2.06	2.07	1.73	1.76	1.76	1.87	1.83	1.67	1.77
25	4.0	4.8	4.4	3.8	3.9	4.1	4.3	4.7	5.2	5.8	4.9	3.9	4.6
	1.76	2.27	2.26	2.10	2.18	2.19	1.83	1.87	1.84	1.94	1.94	1.76	1.86
50	4.8	5.8	5.4	4.6	4.7	5.0	5.3	5.7	6.3	7.0	5.9	4.7	5.6
	1.90	2.47	2.45	2.28	2.37	2.38	1.99	2.03	1.96	2.05	2.11	1.92	2.00
100	5.8	7.0	6.4	5.6	5.7	6.0	6.4	6.8	7.5	8.2	7.1	5.7	6.7
	2.17	2.81	2.79	2.60	2.70	2.71	2.27	2.31	2.19	2.23	2.40	2.18	2.24
200	7.1	8.6	7.9	6.8	7.0	7.3	7.8	8.4	9.0	9.8	8.7	6.9	8.1
	2.09	2.71	2.69	2.50	2.60	2.62	2.19	2.22	2.15	2.22	2.31	2.10	2.21
Freq	5.0	7.0	8.4	6.2	7.7	9.4	8.0	9.1	10.5	12.5	9.6	6.4	100.0

z	Classe 0		Classe 1		Classe 2		Classe 3	
10	6.5	310	4.5	126	4.0	83	3.1	40
25	7.1	395	5.4	198	4.9	145	4.1	86
50	7.6	476	6.2	274	5.7	212	4.9	140
100	8.2	616	7.3	420	6.8	324	5.9	219
200	9.0	854	9.0	800	8.3	606	7.2	397

Aurillac

44° 53' 00" N 02° 25' 00" E UTM 31 E 453929 m N 4970248 m 639 m a.n.m.

La station est située dans le Sud-Ouest du massif central, 30 km au Sud-Ouest des sommets du Puy Mary (1787 m) et du Plomb du Cantal (1855 m), à la jonction des vallées des rivières de la Cère et de la Jordanne. Le centre ville d'Aurillac est à 3 km au Nord – Nord-Est du site. L'aérodrome est situé sur une région relativement plate; autrement, le terrain dans la vallée est ondulé. Les versants des vallées sont accidentés et partiellement boisés. L'anémomètre est installé dans la partie Nord Est de l'aérodrome avec des bâtiments situés dans les secteurs allant du Nord-Ouest au Nord-Est.

Sect	z01	x1	z02	x2	z03	x3	z04	x4	z05	x5	z06	Prc	Deg
0	0.01	200	0.30										
30	0.01	300	0.10	1250	0.50								
60	0.01	300	0.10	1000	0.30								
90	0.01	400	0.10	2500	0.20								
120	0.01	300	0.10	3000	0.15								
150	0.01	300	0.10	2500	0.35								
180	0.01	750	0.20	2200	0.40								
210	0.01	400	0.20	1600	0.30								
240	0.01	500	0.30										
270	0.01	500	0.20	3000	0.45								
300	0.01	350	0.20										
330	0.01	150	0.20										

Hauteur de l'anémomètre: 11.0 m a.s. Période: 79010103–85123121

Sect	Freq	<1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	5.2	284	178	197	155	112	46	17	5	3	2	0	0	0	0	2.8	1.61
30	2.6	512	126	87	98	77	60	32	4	2	2	0	0	0	0	2.0	1.06
60	3.0	561	273	87	37	24	10	5	3	0	0	0	0	0	0	1.3	1.04
90	12.6	263	358	236	101	31	8	2	1	0	0	0	0	0	0	2.1	1.69
120	19.0	189	285	228	131	69	39	24	13	7	11	2	1	2	0	2.7	1.23
150	6.6	230	146	118	103	100	69	66	45	36	46	25	10	2	4	4.3	1.24
180	4.4	330	148	154	107	79	62	50	20	21	20	4	4	0	1	3.0	1.12
210	4.3	381	213	172	107	77	29	17	2	1	0	0	0	0	0	2.2	1.32
240	5.5	313	197	187	132	80	45	17	15	11	3	0	1	0	0	2.6	1.33
270	7.8	236	199	157	134	103	74	50	23	12	10	3	1	0	0	3.2	1.40
300	16.1	164	217	203	167	108	60	38	20	11	9	1	1	0	0	3.3	1.50
330	12.9	188	216	214	170	110	61	21	12	4	3	0	0	0	0	3.1	1.68
Total	100.0	246	235	193	132	83	47	28	14	9	9	3	1	1	0	2.8	1.25

UTC	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Année
0	2.4	2.4	2.3	2.6	1.9	1.7	1.6	1.4	1.8	2.0	2.4	2.6	2.1
3	2.3	2.5	2.3	2.4	2.1	1.6	1.6	1.4	1.9	1.9	2.4	2.4	2.1
6	2.2	2.1	2.2	2.2	1.9	1.5	1.3	1.2	1.8	1.9	2.2	2.4	1.9
9	2.2	2.4	2.8	3.4	3.1	2.5	2.5	2.1	2.2	2.3	2.4	2.3	2.5
12	3.1	3.3	3.8	4.3	3.5	3.4	3.2	3.0	3.2	3.2	3.3	2.9	3.4
15	2.9	3.2	3.8	4.4	3.6	3.5	3.2	3.3	3.3	3.2	3.1	2.8	3.4
18	2.6	2.3	2.6	3.5	2.9	2.8	2.7	2.4	1.9	1.9	2.5	2.3	2.5
21	2.6	2.5	2.3	2.6	1.9	1.6	1.6	1.5	1.8	1.9	2.4	2.6	2.1
Jour	2.5	2.6	2.8	3.2	2.6	2.3	2.2	2.0	2.2	2.3	2.6	2.5	2.5

Classe de rugosité 0													
z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	5.2	4.4	2.4	3.1	4.0	4.7	5.6	4.0	4.0	4.9	5.3	5.3	4.6
	1.92	1.63	1.11	1.87	1.42	1.19	1.27	1.37	1.53	1.59	1.76	1.87	1.43
25	5.7	4.9	2.7	3.4	4.4	5.2	6.1	4.4	4.4	5.3	5.8	5.8	5.0
	1.98	1.68	1.15	1.93	1.46	1.21	1.30	1.41	1.58	1.63	1.81	1.93	1.47
50	6.1	5.2	2.9	3.6	4.7	5.6	6.6	4.8	4.7	5.8	6.3	6.3	5.4
	2.03	1.73	1.17	1.98	1.50	1.24	1.33	1.45	1.62	1.68	1.86	1.98	1.51
100	6.6	5.7	3.1	3.9	5.1	6.0	7.1	5.1	5.1	6.2	6.8	6.8	5.8
	1.97	1.67	1.14	1.92	1.45	1.22	1.31	1.40	1.57	1.63	1.80	1.92	1.47
200	7.3	6.2	3.4	4.3	5.6	6.4	7.6	5.6	5.6	6.8	7.5	7.5	6.4
	1.86	1.58	1.08	1.82	1.38	1.17	1.26	1.33	1.49	1.54	1.71	1.81	1.41
Freq	8.6	3.8	2.8	8.2	16.3	12.3	5.3	4.3	5.0	6.8	12.4	14.2	100.0

Classe de rugosité 1													
z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	3.5	2.7	1.5	2.2	2.9	3.8	3.5	2.5	2.8	3.5	3.7	3.8	3.1
	1.60	1.22	0.99	1.59	1.21	1.09	1.11	1.23	1.31	1.37	1.49	1.62	1.24
25	4.3	3.3	1.9	2.6	3.5	4.6	4.2	3.1	3.4	4.2	4.4	4.5	3.8
	1.72	1.31	1.07	1.71	1.29	1.13	1.18	1.32	1.40	1.47	1.61	1.75	1.32
50	5.0	3.9	2.3	3.0	4.1	5.3	4.9	3.6	4.0	4.9	5.1	5.3	4.4
	1.93	1.47	1.19	1.92	1.45	1.20	1.29	1.48	1.58	1.65	1.80	1.97	1.45
100	5.9	4.6	2.7	3.6	4.9	6.1	5.8	4.3	4.8	5.9	6.1	6.2	5.3
	2.06	1.56	1.26	2.05	1.54	1.28	1.38	1.57	1.67	1.76	1.92	2.10	1.55
200	7.3	5.7	3.3	4.5	6.1	7.1	7.1	5.4	5.9	7.3	7.6	7.8	6.5
	1.96	1.49	1.21	1.96	1.48	1.24	1.32	1.50	1.60	1.68	1.83	2.00	1.51
Freq	6.6	3.1	2.9	10.9	17.9	8.9	4.8	4.3	5.3	7.4	14.6	13.3	100.0

Classe de rugosité 2													
z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	3.1	2.2	1.3	1.9	2.6	3.7	2.9	2.1	2.5	3.1	3.2	3.3	2.7
	1.58	1.13	1.00	1.65	1.23	1.15	1.12	1.26	1.31	1.38	1.49	1.62	1.24
25	3.8	2.7	1.6	2.4	3.2	4.6	3.7	2.7	3.1	3.8	4.0	4.1	3.4
	1.69	1.21	1.06	1.77	1.31	1.19	1.19	1.35	1.40	1.48	1.59	1.74	1.31
50	4.5	3.3	1.9	2.8	3.8	5.3	4.4	3.2	3.7	4.5	4.7	4.8	4.1
	1.87	1.33	1.17	1.96	1.44	1.24	1.30	1.49	1.54	1.63	1.76	1.92	1.43
100	5.4	3.9	2.3	3.4	4.6	6.2	5.3	3.8	4.4	5.4	5.6	5.7	4.9
	2.05	1.46	1.28	2.15	1.58	1.35	1.42	1.63	1.69	1.78	1.93	2.11	1.56
200	6.6	4.8	2.9	4.2	5.7	7.2	6.4	4.7	5.5	6.7	6.9	7.1	6.0
	1.96	1.39	1.23	2.06	1.52	1.31	1.37	1.56	1.62	1.71	1.85	2.02	1.53
Freq	5.9	2.9	3.0	11.9	18.5	7.6	4.6	4.3	5.4	7.6	15.4	13.0	100.0

Classe de rugosité 3													
z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	2.4	1.6	1.1	1.6	2.0	3.3	2.2	1.7	2.0	2.5	2.5	2.6	2.2
	1.58	1.07	1.16	1.60	1.20	1.23	1.12	1.33	1.32	1.40	1.52	1.68	1.26
25	3.2	2.1	1.5	2.2	2.7	4.3	2.9	2.3	2.7	3.3	3.3	3.5	2.9
	1.67	1.13	1.23	1.70	1.27	1.26	1.19	1.41	1.39	1.49	1.61	1.78	1.32
50	3.8	2.6	1.9	2.6	3.3	5.1	3.6	2.8	3.3	4.0	4.1	4.2	3.5
	1.81	1.22	1.33	1.84	1.37	1.31	1.28	1.53	1.51	1.62	1.74	1.93	1.42
100	4.7	3.2	2.3	3.2	4.1	6.0	4.4	3.4	4.0	4.8	4.9	5.1	4.3
	2.06	1.38	1.50	2.10	1.56	1.39	1.45	1.74	1.72	1.83	1.99	2.20	1.58
200	5.7	3.9	2.8	3.8	5.0	7.1	5.4	4.1	4.9	5.9	6.0	6.2	5.2
	1.99	1.33	1.45	2.02	1.51	1.41	1.40	1.68	1.65	1.77	1.91	2.12	1.56
Freq	5.1	2.6	3.7	12.9	18.2	6.5	4.4	4.4	5.6	8.3	15.7	12.6	100.0

z	Classe 0		Classe 1		Classe 2		Classe 3	
10	4.1	127	2.9	57	2.6	38	2.0	18
25	4.5	160	3.5	87	3.2	64	2.7	38
50	4.9	190	4.0	114	3.7	90	3.2	60
100	5.3	250	4.8	170	4.4	131	3.9	89
200	5.8	357	5.9	332	5.4	250	4.7	163

Avord

47° 03' 00" N 02° 39' 00" E UTM 31 E 473414 m N 5210880 m 179 m a.n.m.

La station est située au centre de la France entre les villes de Nevers et Bourges, à 2 km au Nord Ouest de la petite ville d'Avord. Le terrain apparaît plutôt plat et dégagé avec approximativement 80% de terres agricoles et 20% de petites forêts. L'anémomètre est installé au Sud de la piste avec des bâtiments situés entre 160 m et 300 m dans le secteur Sud Est.

Sect	z01	x1	z02	x2	z03	x3	z04	x4	z05	x5	z06	Prc	Deg
0	0.01	1500	0.10										
30	0.01	2000	0.20	4000	0.10								
60	0.01	1500	0.10										
90	0.01	700	0.10										
120	0.01	500	0.10										
150	0.01	400	0.20	2700	0.05								
180	0.01	400	0.30	1750	0.20								
210	0.01	700	0.20	1750	0.10								
240	0.01	1000	0.15	3000	0.05								
270	0.01	2500	0.10										
300	0.01	1500	0.15										
330	0.01	1500	0.15										

Hauteur de l'anémomètre: 12.0 m a.s. Période: 72110100–78123121

Sect	Freq	<1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	5.5	110	135	177	171	141	110	64	43	16	25	6	1	0	0	4.3	1.73
30	10.3	69	106	154	160	159	135	100	61	28	22	5	0	0	0	4.9	2.10
60	10.7	81	142	224	205	145	98	48	25	16	14	2	0	0	0	4.0	1.81
90	9.6	109	201	245	220	127	64	19	14	1	1	0	0	0	0	3.3	2.02
120	6.6	130	202	245	221	118	57	14	7	2	4	1	0	0	0	3.2	1.93
150	5.6	161	169	220	197	125	71	29	18	6	3	1	0	0	0	3.4	1.80
180	6.1	117	150	189	173	159	106	52	30	11	12	1	0	0	0	4.0	1.89
210	9.0	87	130	165	165	145	96	84	48	32	33	10	3	0	0	4.6	1.68
240	12.3	71	120	146	140	124	101	77	79	57	60	14	8	1	0	5.2	1.70
270	12.4	73	93	151	148	139	130	88	71	36	43	22	4	1	0	5.2	1.79
300	7.2	109	168	180	172	145	92	52	34	28	13	6	2	1	0	4.1	1.63
330	4.7	156	158	210	161	131	87	46	26	14	10	0	1	0	0	3.6	1.64
Total	100.0	98	142	188	176	139	99	60	43	24	24	7	2	0	0	4.2	1.64

UTC	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Année
0	3.6	3.8	3.5	3.4	3.0	3.0	2.6	2.9	3.0	3.0	3.5	4.1	3.3
3	3.7	3.8	3.5	3.3	2.9	2.7	2.5	2.6	2.9	3.0	3.5	4.0	3.2
6	3.7	3.9	3.5	3.3	3.0	3.0	2.6	2.6	2.8	3.1	3.5	4.0	3.3
9	3.9	4.3	4.2	4.2	4.2	3.8	3.8	3.5	3.7	3.5	3.8	4.1	3.9
12	4.6	5.0	5.1	4.8	4.7	4.6	4.3	4.3	4.4	4.1	4.5	4.7	4.6
15	4.3	5.1	5.1	5.1	4.5	4.7	4.5	4.3	4.5	4.0	4.1	4.2	4.5
18	3.8	4.0	4.1	4.2	3.8	4.2	4.2	4.0	3.4	2.8	3.7	3.9	3.8
21	3.7	4.1	3.7	3.4	2.9	3.0	2.7	2.9	2.9	2.9	3.6	3.9	3.3
Jour	3.9	4.3	4.1	4.0	3.6	3.6	3.4	3.4	3.5	3.3	3.8	4.1	3.7

Classe de rugosité 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	5.6	6.5	5.8	4.9	4.7	4.9	5.8	6.6	7.1	7.1	6.2	5.3	6.0
	1.98	2.37	2.16	2.23	2.27	2.12	2.11	2.02	1.99	2.06	1.95	1.90	1.96
25	6.2	7.1	6.3	5.4	5.1	5.3	6.4	7.2	7.8	7.8	6.8	5.8	6.6
	2.05	2.45	2.23	2.30	2.34	2.19	2.18	2.09	2.05	2.13	2.01	1.96	2.01
50	6.6	7.6	6.8	5.8	5.5	5.7	6.8	7.7	8.4	8.3	7.3	6.2	7.1
	2.10	2.51	2.29	2.36	2.40	2.25	2.24	2.14	2.10	2.18	2.06	2.01	2.06
100	7.2	8.3	7.3	6.3	5.9	6.2	7.4	8.4	9.1	9.0	7.9	6.7	7.6
	2.03	2.43	2.22	2.28	2.33	2.18	2.16	2.07	2.03	2.11	1.99	1.95	2.00
200	7.9	9.1	8.1	6.9	6.6	6.9	8.2	9.2	10.0	10.0	8.7	7.4	8.4
	1.92	2.30	2.10	2.16	2.20	2.06	2.05	1.96	1.93	2.00	1.89	1.85	1.90
Freq	5.3	8.7	10.5	9.9	7.6	5.9	6.0	8.1	11.3	12.4	8.8	5.5	100.0

Classe de rugosité 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	4.1	4.6	3.8	3.3	3.3	3.5	4.3	4.6	5.0	4.9	4.0	3.6	4.2
	1.70	2.04	1.79	1.95	1.90	1.77	1.83	1.67	1.68	1.76	1.61	1.61	1.67
25	4.9	5.5	4.6	4.0	3.9	4.2	5.1	5.5	6.0	5.9	4.9	4.3	5.0
	1.83	2.20	1.94	2.11	2.05	1.91	1.97	1.80	1.81	1.89	1.74	1.74	1.79
50	5.7	6.4	5.3	4.6	4.5	4.8	5.9	6.3	7.0	6.8	5.7	5.0	5.8
	2.06	2.47	2.18	2.37	2.31	2.14	2.21	2.02	2.03	2.13	1.95	1.95	2.00
100	6.7	7.6	6.3	5.5	5.4	5.8	7.0	7.5	8.3	8.1	6.7	5.9	6.9
	2.19	2.63	2.32	2.53	2.46	2.28	2.36	2.15	2.17	2.27	2.08	2.08	2.12
200	8.3	9.4	7.9	6.8	6.7	7.2	8.8	9.4	10.3	10.1	8.4	7.3	8.6
	2.09	2.52	2.21	2.41	2.35	2.18	2.25	2.05	2.07	2.17	1.98	1.98	2.03
Freq	5.4	9.9	10.6	9.6	6.8	5.7	6.1	8.8	12.1	12.4	7.6	4.9	100.0

Classe de rugosité 2

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	3.6	4.0	3.3	2.9	2.9	3.1	3.8	4.0	4.4	4.3	3.4	3.1	3.6
	1.72	2.05	1.78	1.98	1.88	1.77	1.84	1.67	1.68	1.76	1.60	1.64	1.68
25	4.4	5.0	4.1	3.6	3.6	3.8	4.7	5.0	5.4	5.3	4.3	3.9	4.5
	1.84	2.19	1.90	2.12	2.01	1.90	1.97	1.79	1.79	1.88	1.71	1.76	1.79
50	5.2	5.8	4.8	4.2	4.2	4.5	5.5	5.8	6.4	6.2	5.0	4.5	5.3
	2.04	2.42	2.11	2.35	2.23	2.10	2.18	1.98	1.99	2.08	1.90	1.94	1.96
100	6.2	6.9	5.7	5.0	5.0	5.4	6.6	7.0	7.6	7.4	6.0	5.4	6.3
	2.24	2.67	2.31	2.58	2.45	2.31	2.39	2.17	2.18	2.29	2.08	2.13	2.14
200	7.7	8.5	7.1	6.2	6.2	6.6	8.1	8.6	9.4	9.1	7.4	6.7	7.8
	2.14	2.55	2.22	2.47	2.34	2.21	2.29	2.08	2.09	2.19	1.99	2.05	2.05
Freq	5.6	10.3	10.6	9.5	6.6	5.6	6.2	9.1	12.3	12.3	7.2	4.7	100.0

Classe de rugosité 3

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	2.9	3.1	2.6	2.3	2.3	2.5	3.0	3.2	3.4	3.3	2.7	2.5	2.9
	1.79	1.99	1.82	1.94	1.84	1.77	1.81	1.66	1.70	1.74	1.62	1.65	1.68
25	3.8	4.1	3.4	3.0	3.0	3.3	4.0	4.2	4.5	4.4	3.6	3.3	3.8
	1.90	2.10	1.93	2.06	1.95	1.88	1.92	1.76	1.80	1.85	1.72	1.74	1.78
50	4.6	4.9	4.1	3.6	3.6	4.0	4.8	5.1	5.5	5.3	4.3	4.0	4.6
	2.06	2.29	2.10	2.24	2.12	2.05	2.08	1.91	1.95	2.01	1.87	1.89	1.92
100	5.6	5.9	5.0	4.3	4.4	4.8	5.8	6.2	6.6	6.4	5.3	4.8	5.6
	2.35	2.61	2.39	2.55	2.42	2.33	2.37	2.18	2.22	2.29	2.13	2.15	2.16
200	6.8	7.2	6.1	5.3	5.3	5.9	7.1	7.5	8.1	7.8	6.4	5.9	6.8
	2.26	2.51	2.30	2.45	2.33	2.24	2.28	2.10	2.14	2.20	2.05	2.08	2.09
Freq	6.2	10.4	10.5	9.1	6.4	5.6	6.6	9.5	12.3	11.6	6.8	4.8	100.0

z	Classe 0		Classe 1		Classe 2		Classe 3	
10	5.3	178	3.7	74	3.3	49	2.6	23
25	5.8	228	4.5	116	4.0	85	3.4	51
50	6.2	276	5.2	160	4.7	124	4.1	82
100	6.8	362	6.1	254	5.6	194	4.9	129
200	7.5	515	7.6	508	6.9	379	6.0	242

Bordeaux

44° 50' 00'' N 00° 42' 00'' E UTM 31 E 318191 m N 4967101 m 51 m a.n.m.

La station est située à 10 km à l'Ouest du centre de la ville. La banlieue s'étend à 2.5 km environ du site. Le terrain plutôt plat, à l'exception de la ville, est très boisé – La forêt s'étend jusqu'aux limites de l'aéroport. L'anémomètre est installé au Nord des pistes avec des bâtiments situés à l'Ouest et au Sud à des distances comprises entre 150 et 200 m.

Sect	z01	x1	z02	x2	z03	x3	z04	x4	z05	x5	z06	Prc	Deg
0	0.07	750	0.50										
30	0.15	500	0.40										
60	0.15	750	0.40										
90	0.10	750	0.40									-5	
120	0.07	500	0.40									-11	
150	0.10	400	0.35	3000	0.60							-6	
180	0.03	300	0.40	850	0.05	1500	0.40	2500	0.60			-10	
210	0.05	600	0.30	1000	0.01	2000	0.60						
240	0.05	200	0.01	2300	0.40	3100	0.60						
270	0.03	200	0.01	1100	0.40	3500	0.60						
300	0.01	900	0.40	3500	0.60								
330	0.01	500	0.40										

Hauteur de l'anémomètre: 11.0 m a.s. Période: 70010103–79123121

Sect	Freq	<1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	8.1	124	188	251	197	130	59	32	13	4	1	1	0	0	0	3.3	1.85
30	10.0	109	201	233	204	126	68	37	12	5	4	2	0	0	0	3.4	1.80
60	8.0	150	241	270	172	95	41	22	8	2	0	0	0	0	0	2.9	1.79
90	5.1	221	249	259	153	82	23	8	3	1	1	0	0	0	0	2.6	1.77
120	6.8	126	204	260	202	121	58	20	7	1	2	0	0	0	0	3.2	1.95
150	8.5	140	176	258	195	122	65	29	11	2	1	0	0	0	0	3.3	1.89
180	5.4	184	216	210	194	102	47	30	10	2	4	0	0	0	0	3.1	1.71
210	7.1	139	181	241	194	122	57	35	17	7	5	1	1	0	0	3.4	1.69
240	10.5	100	149	212	188	114	92	54	37	21	23	7	3	0	0	4.0	1.52
270	12.7	89	126	166	158	134	103	75	58	41	33	8	5	2	1	4.7	1.61
300	10.2	111	126	178	141	133	102	80	58	37	24	6	3	1	0	4.5	1.69
330	7.7	138	171	218	180	111	87	47	25	11	12	0	0	0	0	3.6	1.66
Total	100.0	128	178	225	180	119	72	43	25	14	11	3	1	0	0	3.6	1.55

UTC	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Année
0	3.0	3.2	2.7	2.7	2.3	2.3	2.2	2.2	1.9	2.2	2.7	2.8	2.5
3	2.9	3.1	2.6	2.6	2.3	1.9	1.9	1.8	1.8	2.1	2.6	2.7	2.4
6	2.9	3.2	2.5	2.6	2.4	2.1	1.9	1.8	1.8	2.0	2.6	2.8	2.4
9	3.3	3.6	3.6	3.9	3.5	3.2	3.1	3.1	3.0	2.9	3.0	2.9	3.3
12	4.1	4.9	4.8	4.7	4.4	3.9	3.8	3.8	3.7	3.8	3.9	3.7	4.1
15	4.2	4.9	5.2	5.3	4.7	4.5	4.4	4.3	4.0	3.8	3.9	3.5	4.4
18	3.2	3.5	3.9	4.4	4.1	4.4	4.4	4.0	3.0	2.6	2.7	3.1	3.6
21	2.9	3.2	3.0	3.1	2.7	2.8	2.9	2.5	2.4	2.3	2.7	3.0	2.8
Jour	3.3	3.7	3.5	3.6	3.3	3.1	3.1	3.0	2.7	2.7	3.0	3.1	3.2

Classe de rugosité 0													
z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	5.8	6.2	5.8	5.1	5.7	6.4	6.2	5.8	5.8	6.7	7.1	6.3	6.1
	2.08	2.10	2.05	2.06	2.11	2.26	2.12	2.00	1.83	1.81	1.94	1.92	1.94
25	6.3	6.7	6.4	5.6	6.2	7.0	6.8	6.3	6.4	7.4	7.8	6.9	6.7
	2.15	2.17	2.12	2.13	2.17	2.33	2.18	2.06	1.89	1.87	2.00	1.98	2.00
50	6.8	7.2	6.8	6.0	6.7	7.5	7.3	6.8	6.8	7.9	8.4	7.4	7.2
	2.20	2.22	2.17	2.19	2.23	2.39	2.24	2.12	1.94	1.92	2.06	2.03	2.05
100	7.4	7.8	7.4	6.5	7.3	8.1	7.9	7.3	7.4	8.6	9.1	8.1	7.8
	2.13	2.15	2.10	2.12	2.16	2.31	2.17	2.05	1.88	1.86	1.99	1.97	1.99
200	8.1	8.7	8.2	7.2	8.0	9.0	8.7	8.1	8.2	9.5	10.0	8.9	8.7
	2.02	2.04	1.99	2.01	2.05	2.19	2.05	1.94	1.78	1.76	1.88	1.86	1.88
Freq	7.8	9.1	8.9	6.5	6.0	7.7	6.9	6.3	9.0	11.7	11.3	8.7	100.0

Classe de rugosité 1													
z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	4.1	4.4	3.9	3.5	4.2	4.4	4.2	3.9	4.0	4.8	4.9	4.2	4.3
	1.81	1.78	1.75	1.73	1.84	1.85	1.73	1.69	1.52	1.56	1.65	1.62	1.64
25	4.9	5.3	4.7	4.2	5.1	5.3	5.1	4.7	4.9	5.8	5.9	5.0	5.1
	1.96	1.92	1.88	1.86	1.99	2.00	1.86	1.82	1.64	1.69	1.77	1.74	1.77
50	5.6	6.1	5.4	4.8	5.8	6.2	5.9	5.5	5.7	6.8	6.8	5.8	6.0
	2.20	2.16	2.12	2.09	2.24	2.25	2.09	2.04	1.84	1.89	1.99	1.96	1.98
100	6.7	7.2	6.4	5.7	6.9	7.3	7.0	6.5	6.7	8.1	8.1	6.9	7.1
	2.34	2.30	2.26	2.22	2.38	2.40	2.22	2.17	1.96	2.01	2.12	2.08	2.10
200	8.3	9.0	8.0	7.1	8.6	9.1	8.7	8.1	8.4	10.0	10.1	8.6	8.8
	2.23	2.19	2.15	2.13	2.27	2.29	2.13	2.08	1.87	1.92	2.03	1.99	2.01
Freq	7.9	9.5	8.4	5.7	6.4	8.1	6.1	6.8	9.9	12.2	10.7	8.1	100.0

Classe de rugosité 2													
z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	3.5	3.8	3.3	3.0	3.8	3.9	3.7	3.4	3.5	4.3	4.3	3.6	3.7
	1.79	1.78	1.72	1.71	1.90	1.90	1.72	1.67	1.53	1.58	1.65	1.62	1.65
25	4.4	4.8	4.1	3.7	4.6	4.8	4.6	4.2	4.4	5.3	5.3	4.4	4.6
	1.92	1.91	1.84	1.83	2.03	2.04	1.84	1.78	1.64	1.69	1.77	1.73	1.76
50	5.1	5.6	4.8	4.3	5.4	5.7	5.4	4.9	5.2	6.3	6.2	5.2	5.4
	2.13	2.11	2.03	2.03	2.24	2.26	2.03	1.97	1.81	1.87	1.96	1.92	1.94
100	6.1	6.7	5.8	5.2	6.5	6.8	6.4	5.9	6.2	7.5	7.4	6.2	6.5
	2.34	2.32	2.23	2.22	2.47	2.48	2.23	2.17	1.99	2.05	2.15	2.10	2.12
200	7.6	8.2	7.1	6.4	8.0	8.4	7.9	7.3	7.7	9.2	9.1	7.7	8.0
	2.24	2.22	2.14	2.13	2.36	2.37	2.14	2.07	1.90	1.96	2.06	2.01	2.03
Freq	8.0	9.7	8.3	5.5	6.6	8.3	5.8	7.0	10.2	12.4	10.4	7.9	100.0

Classe de rugosité 3													
z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	2.8	3.1	2.6	2.3	3.0	3.1	2.9	2.7	2.8	3.4	3.3	2.8	2.9
	1.88	1.79	1.79	1.70	1.93	1.88	1.68	1.70	1.55	1.60	1.66	1.66	1.66
25	3.7	4.0	3.4	3.1	4.0	4.1	3.8	3.5	3.8	4.5	4.4	3.7	3.9
	1.99	1.90	1.89	1.80	2.04	1.99	1.78	1.80	1.64	1.69	1.76	1.76	1.76
50	4.5	4.9	4.1	3.7	4.8	4.9	4.6	4.3	4.6	5.5	5.3	4.4	4.7
	2.16	2.06	2.06	1.96	2.22	2.16	1.93	1.96	1.78	1.83	1.91	1.91	1.90
100	5.4	5.9	5.0	4.5	5.8	5.9	5.5	5.2	5.5	6.6	6.4	5.3	5.7
	2.46	2.35	2.34	2.23	2.53	2.46	2.20	2.23	2.03	2.08	2.18	2.18	2.15
200	6.6	7.2	6.1	5.5	7.1	7.2	6.8	6.3	6.8	8.1	7.9	6.5	7.0
	2.37	2.26	2.26	2.15	2.44	2.37	2.12	2.15	1.96	2.01	2.10	2.10	2.08
Freq	8.1	10.0	8.0	5.1	6.7	8.5	5.5	7.3	10.5	12.6	10.1	7.6	100.0

z	Classe 0		Classe 1		Classe 2		Classe 3	
10	5.5	195	3.8	81	3.3	54	2.6	26
25	6.0	249	4.6	127	4.1	94	3.5	56
50	6.4	301	5.3	174	4.8	135	4.2	90
100	7.0	396	6.3	276	5.8	211	5.1	140
200	7.7	564	7.8	554	7.1	411	6.2	264

Brest

48° 27' 00" N 04° 25' 00" W UTM 30 E 395241 m N 5367393 m 103 m a.n.m.

La station est située dans la partie Ouest de la Bretagne, à 7 km au Nord Est de la ville de Brest et à 5 km au Nord de la rade. Le terrain légèrement ondulé est caractérisé par plusieurs ceintures d'obstacles distants en moyenne de 100 m environ et par quelques petits villages éparpillés. L'anémomètre est installé au Sud des pistes de l'aéroport avec les bâtiments situés à 300 m dans le secteur ENE.

Sect	z01	x1	z02	x2	z03	x3	z04	x4	z05	x5	z06	Prc	Deg
0	0.01	1000	0.30										
30	0.01	1100	0.30										
60	0.01	300	0.10	1500	0.30								
90	0.03	500	0.30										
120	0.03	250	0.35										
150	0.03	250	0.35										
180	0.03	250	0.30										
210	0.03	250	0.30										
240	0.03	250	0.30										
270	0.03	250	0.10	1250	0.30								
300	0.01	600	0.30										
330	0.01	500	0.30										

Hauteur de l'anémomètre: 10.5 m a.s. Période: 70010100–79123121

Sect	Freq	< 1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	8.2	55	97	160	170	156	131	85	55	38	38	11	4	0	0	5.0	1.85
30	9.5	43	73	146	173	150	129	91	74	47	56	15	2	0	0	5.4	1.91
60	9.4	38	76	135	170	137	117	110	85	57	55	16	4	0	0	5.6	1.96
90	4.9	82	108	206	172	145	115	77	45	25	25	1	0	0	0	4.4	1.86
120	3.3	84	151	212	187	157	99	63	27	16	2	1	0	0	0	4.0	1.97
150	7.0	56	138	217	184	153	104	69	39	22	15	3	0	0	0	4.2	1.84
180	8.3	53	109	189	170	136	108	87	52	36	40	16	2	0	0	4.8	1.71
210	10.4	38	72	128	143	146	134	96	88	64	63	22	4	2	0	5.8	1.97
240	11.4	37	74	153	148	152	118	93	89	58	53	15	6	0	1	5.5	1.89
270	9.9	52	108	156	156	136	118	91	67	50	48	15	4	1	0	5.2	1.79
300	9.1	50	103	148	161	153	113	86	69	48	43	15	7	2	2	5.2	1.70
330	8.8	50	99	157	151	147	121	94	75	40	43	17	2	2	1	5.2	1.82
Total	100.0	49	96	161	163	147	119	89	68	45	44	14	3	1	0	5.2	1.82

UTC	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Année
0	4.7	4.5	4.0	3.9	3.5	3.1	3.0	3.2	3.3	3.7	4.2	4.7	3.8
3	4.6	4.5	4.0	3.9	3.5	3.0	3.0	3.1	3.3	3.6	4.1	4.7	3.8
6	4.7	4.6	4.1	4.1	3.6	3.3	3.2	3.1	3.3	3.7	4.3	4.8	3.9
9	4.8	4.6	4.9	5.9	5.2	4.7	4.6	4.5	4.5	4.4	4.4	4.8	4.8
12	5.8	6.1	6.2	6.5	6.0	5.3	5.1	5.2	5.4	5.4	5.6	5.6	5.7
15	5.7	6.0	6.4	6.8	6.2	5.9	5.7	5.7	5.5	5.3	5.3	5.5	5.8
18	4.8	4.7	5.0	5.9	5.6	5.5	5.3	5.0	4.4	3.8	4.3	4.9	4.9
21	4.8	4.7	4.3	4.1	3.7	3.3	3.4	3.3	3.4	3.7	4.4	4.9	4.0
Jour	5.0	4.9	4.9	5.1	4.7	4.2	4.2	4.1	4.1	4.2	4.6	5.0	4.6

Classe de rugosité 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	7.8	7.8	8.5	8.1	7.1	7.6	8.1	9.5	9.8	9.1	8.3	8.1	8.5
	2.15	2.22	2.20	2.19	2.23	2.21	1.97	2.06	2.14	2.06	1.96	2.03	2.05
25	8.6	8.6	9.3	8.9	7.8	8.3	8.9	10.3	10.7	9.9	9.0	8.9	9.3
	2.22	2.30	2.26	2.25	2.30	2.28	2.01	2.10	2.17	2.10	2.01	2.08	2.10
50	9.2	9.2	10.0	9.6	8.4	8.9	9.5	11.0	11.4	10.6	9.6	9.5	9.9
	2.28	2.36	2.32	2.31	2.36	2.34	2.07	2.15	2.23	2.16	2.06	2.14	2.15
100	10.0	10.0	10.8	10.4	9.1	9.7	10.3	11.8	12.2	11.4	10.4	10.3	10.7
	2.20	2.28	2.26	2.25	2.28	2.27	2.02	2.12	2.19	2.12	2.02	2.09	2.11
200	11.0	11.0	11.8	11.4	10.1	10.7	11.2	12.8	13.2	12.3	11.3	11.3	11.7
	2.08	2.16	2.16	2.13	2.16	2.15	1.93	2.05	2.13	2.04	1.94	1.99	2.03
Freq	8.4	9.0	9.4	6.7	4.0	5.4	7.8	9.6	10.9	10.5	9.5	8.9	100.0

Classe de rugosité 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	5.3	5.5	6.2	5.4	5.0	5.3	5.8	7.0	6.9	6.2	5.7	5.7	5.9
	1.81	1.87	1.92	1.84	1.90	1.83	1.69	1.91	1.88	1.79	1.70	1.78	1.78
25	6.4	6.6	7.3	6.4	6.0	6.4	6.9	8.2	8.1	7.4	6.8	6.8	7.1
	1.96	2.02	2.05	1.99	2.05	1.97	1.77	1.99	1.96	1.88	1.80	1.90	1.88
50	7.4	7.7	8.4	7.5	6.9	7.4	7.9	9.3	9.2	8.4	7.8	7.9	8.1
	2.20	2.27	2.24	2.23	2.31	2.22	1.93	2.11	2.09	2.03	1.96	2.09	2.06
100	8.8	9.1	9.8	8.9	8.2	8.7	9.2	10.6	10.5	9.7	9.1	9.2	9.4
	2.34	2.42	2.40	2.38	2.45	2.36	2.07	2.27	2.24	2.18	2.10	2.24	2.22
200	10.9	11.3	11.8	11.0	10.2	10.9	11.0	12.4	12.3	11.6	10.9	11.2	11.4
	2.24	2.31	2.31	2.27	2.35	2.25	1.99	2.20	2.17	2.10	2.03	2.15	2.16
Freq	8.3	9.3	9.4	5.6	3.6	6.3	8.1	10.1	11.2	10.2	9.3	8.8	100.0

Classe de rugosité 2

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	4.6	4.8	5.4	4.5	4.3	4.6	5.1	6.2	6.0	5.4	5.0	5.0	5.2
	1.82	1.90	1.94	1.83	1.91	1.83	1.71	1.94	1.90	1.78	1.71	1.79	1.79
25	5.7	6.0	6.7	5.6	5.4	5.7	6.3	7.5	7.3	6.6	6.1	6.2	6.4
	1.95	2.04	2.05	1.96	2.05	1.96	1.78	2.01	1.97	1.86	1.80	1.90	1.88
50	6.7	7.0	7.7	6.6	6.3	6.7	7.3	8.6	8.4	7.6	7.1	7.2	7.4
	2.16	2.26	2.21	2.17	2.27	2.16	1.91	2.12	2.08	1.99	1.95	2.06	2.03
100	7.9	8.4	9.1	7.8	7.5	8.0	8.5	9.9	9.7	8.9	8.3	8.5	8.7
	2.37	2.48	2.43	2.38	2.49	2.38	2.10	2.31	2.28	2.19	2.14	2.27	2.24
200	9.8	10.3	10.9	9.7	9.2	9.9	10.2	11.6	11.4	10.6	10.0	10.3	10.5
	2.27	2.37	2.34	2.28	2.38	2.27	2.03	2.25	2.21	2.11	2.06	2.18	2.18
Freq	8.3	9.4	9.3	5.2	3.4	6.6	8.2	10.2	11.3	10.1	9.2	8.8	100.0

Classe de rugosité 3

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	3.6	3.8	4.3	3.5	3.4	3.7	4.1	4.9	4.7	4.2	3.9	3.9	4.1
	1.85	1.92	1.96	1.85	1.92	1.83	1.73	1.97	1.89	1.78	1.73	1.82	1.81
25	4.8	5.1	5.6	4.6	4.5	4.8	5.4	6.4	6.1	5.4	5.1	5.2	5.4
	1.96	2.03	2.05	1.96	2.04	1.94	1.80	2.03	1.95	1.85	1.81	1.92	1.88
50	5.8	6.1	6.7	5.5	5.4	5.8	6.4	7.6	7.2	6.5	6.1	6.2	6.4
	2.13	2.20	2.19	2.13	2.22	2.11	1.90	2.12	2.05	1.96	1.94	2.06	2.01
100	6.9	7.4	8.0	6.7	6.6	7.1	7.6	8.9	8.5	7.7	7.3	7.5	7.7
	2.43	2.51	2.44	2.42	2.53	2.40	2.09	2.29	2.21	2.16	2.17	2.32	2.23
200	8.5	9.0	9.6	8.2	8.0	8.6	9.1	10.4	10.0	9.2	8.8	9.0	9.2
	2.34	2.42	2.39	2.33	2.43	2.32	2.07	2.30	2.22	2.14	2.12	2.25	2.21
Freq	8.3	9.4	9.2	4.8	3.4	7.0	8.4	10.4	11.4	9.9	9.1	8.8	100.0

z	Classe 0		Classe 1		Classe 2		Classe 3	
10	7.5	483	5.3	196	4.6	129	3.6	62
25	8.2	616	6.3	308	5.7	225	4.8	133
50	8.8	737	7.2	421	6.6	326	5.7	215
100	9.5	940	8.4	621	7.7	482	6.8	331
200	10.3	1275	10.1	1124	9.3	859	8.2	577

Caen

49° 11' 00" N 00° 27' 00" E UTM 31 E 314172 m N 5451075 m 67 m a.n.m.

La station est située à l'intérieur du continent, à 20 km de la côte de Normandie et à 6–7 km du centre de la ville de Caen. La ville s'étend jusqu'à 3 km de l'aéroport dans les secteurs Nord Est à Sud Est. Un petit village s'étend de 750 à 1500 m dans le secteur Nord. Le terrain est caractérisé par des champs dégagés mais avec beaucoup de petits villages. A une distance de 2.5 km au Sud du site, il y a un escarpement de 30 m vers une rivière orientée Est-Ouest. L'anémomètre est installé entre les pistes sans aucun obstacle à moins de 700 m.

Sect	z01	x1	z02	x2	z03	x3	z04	x4	z05	x5	z06	Prc	Deg
0	0.01	500	0.20	1700	0.05								
30	0.01	500	0.20	2000	0.07								
60	0.01	500	0.05	1750	0.20								
90	0.01	700	0.10	3000	0.40								
120	0.01	700	0.30	1250	0.15								
150	0.01	1200	0.05	2000	0.07								
180	0.01	1000	0.05	2000	0.20								
210	0.01	1000	0.05	2500	0.30								
240	0.01	1250	0.07										
270	0.01	1500	0.15										
300	0.01	1000	0.07										
330	0.01	750	0.10	3000	0.20								

Hauteur de l'anémomètre: 12.1 m a.s. Période: 72062200–79123121

Sect	Freq	<1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	7.7	50	88	140	165	169	152	94	66	28	32	9	4	2	1	5.2	1.97
30	8.6	47	59	126	133	178	141	112	85	49	52	17	1	1	1	5.6	2.04
60	4.8	68	107	175	186	185	115	78	44	29	13	2	0	0	0	4.5	2.09
90	4.0	111	116	192	191	172	102	56	36	11	8	3	1	0	0	4.1	1.94
120	6.6	56	105	213	244	175	101	56	23	15	10	2	0	0	0	4.2	2.04
150	6.7	66	142	208	204	147	93	57	35	21	21	4	1	0	0	4.1	1.72
180	8.3	52	79	147	160	137	122	98	68	44	52	27	8	3	2	5.5	1.69
210	11.2	42	49	121	151	154	129	96	75	49	80	32	16	4	1	6.0	1.75
240	12.5	30	39	98	153	169	145	107	71	63	67	39	10	5	2	6.1	1.81
270	14.4	27	40	85	157	178	163	113	85	51	63	22	11	4	1	6.0	1.95
300	8.7	56	97	178	185	134	97	77	57	46	44	18	7	3	1	4.9	1.55
330	6.4	87	113	192	173	131	110	76	44	34	29	7	2	0	3	4.5	1.56
Total	100.0	51	77	144	170	161	128	91	63	41	46	19	7	2	1	5.3	1.74

UTC	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Année
0	5.4	4.7	4.6	4.1	3.8	3.1	3.1	3.0	3.6	3.7	4.9	5.6	4.1
3	5.6	4.8	4.7	4.1	3.9	3.1	3.1	2.8	3.6	3.8	5.0	5.5	4.2
6	5.7	4.8	4.7	4.2	4.0	3.2	3.1	2.7	3.6	3.8	4.9	5.3	4.1
9	5.6	5.1	5.4	5.5	5.3	4.3	4.2	4.1	4.7	4.3	5.0	5.3	4.9
12	6.5	6.1	6.5	6.2	6.0	5.2	5.0	4.9	5.4	5.1	6.1	6.3	5.7
15	6.3	6.0	6.6	6.8	6.3	5.7	5.7	5.5	5.6	4.9	5.6	5.8	5.9
18	5.4	4.9	5.2	5.5	5.2	5.0	4.8	4.6	4.2	3.8	4.9	5.3	4.9
21	5.7	5.0	4.8	4.2	3.7	3.1	2.9	2.8	3.6	3.9	4.9	5.6	4.1
Jour	5.8	5.2	5.3	5.1	4.8	4.1	4.0	3.8	4.3	4.2	5.2	5.6	4.7

Classe de rugosité 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	7.2	8.0	7.3	6.3	6.0	5.8	7.1	8.3	8.3	8.3	7.6	6.6	7.5
	2.16	2.38	2.36	2.32	2.35	2.13	1.86	1.97	2.05	2.22	2.07	1.83	2.02
25	7.9	8.8	8.0	6.9	6.6	6.3	7.8	9.0	9.1	9.1	8.3	7.3	8.2
	2.23	2.45	2.44	2.39	2.42	2.20	1.92	2.01	2.10	2.28	2.14	1.89	2.08
50	8.5	9.4	8.6	7.4	7.1	6.8	8.4	9.7	9.7	9.8	8.9	7.8	8.8
	2.29	2.52	2.50	2.45	2.49	2.26	1.97	2.07	2.16	2.34	2.19	1.94	2.13
100	9.2	10.2	9.4	8.0	7.7	7.3	9.1	10.4	10.4	10.6	9.7	8.4	9.5
	2.21	2.44	2.42	2.38	2.41	2.19	1.91	2.02	2.10	2.28	2.13	1.88	2.08
200	10.2	11.3	10.3	8.9	8.5	8.1	10.0	11.4	11.4	11.6	10.7	9.3	10.4
	2.10	2.31	2.29	2.25	2.28	2.07	1.81	1.94	2.01	2.17	2.01	1.77	1.99
Freq	7.3	8.3	6.1	4.3	5.7	6.7	7.8	10.3	12.1	13.8	10.6	7.2	100.0

Classe de rugosité 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	5.1	5.7	4.8	4.3	4.2	4.0	5.3	5.9	5.8	5.8	4.9	4.5	5.2
	1.91	2.00	2.00	1.91	1.99	1.74	1.65	1.73	1.79	1.92	1.60	1.54	1.73
25	6.2	6.8	5.7	5.2	5.0	4.8	6.3	7.0	6.9	7.0	5.9	5.4	6.2
	2.06	2.16	2.16	2.06	2.15	1.87	1.76	1.82	1.91	2.06	1.73	1.66	1.85
50	7.1	7.8	6.6	5.9	5.8	5.5	7.3	8.0	7.9	8.0	6.8	6.3	7.2
	2.32	2.42	2.43	2.31	2.42	2.10	1.96	1.98	2.10	2.29	1.94	1.86	2.05
100	8.4	9.3	7.8	7.1	6.9	6.6	8.6	9.3	9.3	9.5	8.1	7.6	8.5
	2.47	2.58	2.59	2.46	2.58	2.24	2.09	2.13	2.25	2.45	2.06	1.98	2.19
200	10.5	11.6	9.8	8.8	8.6	8.2	10.6	11.1	11.3	11.7	10.1	9.4	10.4
	2.36	2.47	2.47	2.35	2.46	2.14	2.00	2.05	2.16	2.34	1.97	1.89	2.11
Freq	7.6	8.5	5.2	4.1	6.4	6.7	8.2	10.9	12.4	14.2	9.2	6.6	100.0

Classe de rugosité 2

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	4.5	5.0	4.0	3.7	3.7	3.4	4.7	5.2	5.0	5.1	4.1	4.0	4.5
	1.93	2.06	2.03	1.89	2.04	1.71	1.68	1.74	1.81	1.93	1.54	1.57	1.74
25	5.6	6.2	5.0	4.6	4.6	4.3	5.8	6.3	6.2	6.3	5.1	4.9	5.6
	2.06	2.21	2.18	2.03	2.19	1.83	1.78	1.83	1.91	2.06	1.65	1.68	1.85
50	6.5	7.3	5.8	5.4	5.3	5.0	6.8	7.4	7.2	7.3	6.0	5.8	6.6
	2.28	2.44	2.41	2.24	2.42	2.02	1.94	1.96	2.08	2.26	1.83	1.86	2.01
100	7.8	8.6	7.0	6.4	6.4	6.0	8.1	8.6	8.5	8.7	7.2	7.0	7.8
	2.51	2.69	2.65	2.46	2.66	2.22	2.13	2.15	2.29	2.49	2.01	2.05	2.21
200	9.6	10.7	8.6	7.9	7.8	7.3	9.8	10.3	10.3	10.7	8.8	8.6	9.5
	2.40	2.57	2.53	2.36	2.55	2.12	2.05	2.08	2.20	2.38	1.92	1.96	2.13
Freq	7.7	8.6	4.8	4.0	6.6	6.7	8.3	11.2	12.5	14.4	8.7	6.4	100.0

Classe de rugosité 3

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	3.6	3.9	3.2	2.9	2.9	2.9	3.8	4.1	4.0	4.0	3.2	3.2	3.6
	1.95	2.06	2.01	1.92	2.01	1.67	1.71	1.76	1.84	1.92	1.54	1.62	1.75
25	4.8	5.2	4.2	3.8	3.8	3.8	5.0	5.3	5.2	5.2	4.2	4.2	4.7
	2.07	2.19	2.13	2.04	2.12	1.77	1.79	1.84	1.94	2.03	1.63	1.72	1.85
50	5.8	6.2	5.0	4.7	4.6	4.6	6.0	6.4	6.3	6.3	5.1	5.1	5.7
	2.25	2.38	2.32	2.22	2.31	1.92	1.92	1.95	2.08	2.19	1.77	1.87	1.98
100	6.9	7.5	6.0	5.6	5.5	5.6	7.2	7.6	7.5	7.6	6.2	6.2	6.8
	2.56	2.71	2.64	2.53	2.63	2.19	2.17	2.17	2.35	2.49	2.01	2.12	2.23
200	8.5	9.2	7.4	6.8	6.8	6.8	8.7	9.1	9.1	9.2	7.6	7.6	8.3
	2.47	2.61	2.55	2.43	2.53	2.11	2.10	2.13	2.28	2.41	1.94	2.05	2.18
Freq	7.8	8.1	4.7	4.3	6.7	6.8	8.6	11.4	12.7	13.7	8.4	6.6	100.0

z	Classe 0		Classe 1		Classe 2		Classe 3	
10	6.6	334	4.6	136	4.0	90	3.2	43
25	7.2	426	5.5	214	5.0	157	4.2	93
50	7.8	514	6.4	294	5.8	229	5.0	151
100	8.4	668	7.5	455	6.9	350	6.1	235
200	9.3	933	9.2	878	8.4	660	7.4	431

Cambrai

50° 13' 00'' N 03° 09' 00'' E UTM 31 E 510702 m N 5562844 m 77 m a.n.m.

La station est située sur un terrain plat et dégagé au Nord de la France, à 7 km au Nord-Ouest de la ville de Cambrai. L'anémomètre est installé entre les pistes de l'aéroport. Il n'y a pas d'obstacles à moins de 700 m.

Sect	z01	x1	z02	x2	z03	x3	z04	x4	z05	x5	z06	Prc	Deg
0	0.01	850	0.20	1300	0.03	3750	0.25						
30	0.01	1000	0.20	1500	0.05								
60	0.01	1250	0.05										
90	0.01	1250	0.03	2300	0.10								
120	0.01	1000	0.05										
150	0.01	700	0.10	1500	0.03	2800	0.15						
180	0.01	750	0.20	1500	0.03	3000	0.07						
210	0.01	1500	0.03	3000	0.07								
240	0.01	2000	0.03										
270	0.01	1600	0.03	3100	0.10								
300	0.01	1500	0.03	3500	0.15								
330	0.01	1000	0.03	3750	0.15								

Hauteur de l'anémomètre: 10.6 m a.s. Période: 70010100–79123121

Sect	Freq	< 1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	7.5	57	103	171	182	159	129	88	54	28	21	6	1	0	0	4.7	1.97
30	9.0	53	83	148	191	189	127	104	50	25	25	4	1	0	0	4.9	2.12
60	6.6	60	96	169	201	161	117	86	51	28	26	4	1	0	0	4.7	1.92
90	3.5	112	165	231	205	139	72	45	19	7	4	0	1	0	0	3.6	1.86
120	2.9	122	157	208	183	138	88	48	29	18	8	1	0	0	0	3.8	1.77
150	8.0	48	83	146	156	175	131	98	68	43	45	6	0	0	0	5.2	2.07
180	12.6	34	55	107	144	153	144	125	88	54	66	23	6	1	0	6.0	2.12
210	13.1	27	45	85	124	138	137	126	100	80	88	35	10	3	1	6.6	2.16
240	12.5	30	53	107	148	181	142	110	83	56	61	20	6	2	2	5.9	1.94
270	10.8	39	72	124	155	152	130	101	76	58	59	22	7	4	2	5.7	1.81
300	7.4	71	109	170	145	148	112	77	53	44	49	13	6	1	0	5.0	1.69
330	6.1	81	135	192	170	149	109	63	40	25	22	9	4	2	0	4.4	1.63
Total	100.0	50	82	139	160	159	127	99	68	46	48	15	5	1	1	5.4	1.86

UTC	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Année
0	5.5	4.9	4.7	4.3	3.8	3.3	3.2	3.1	3.8	4.0	5.2	5.1	4.2
3	5.4	4.9	4.6	4.4	3.8	3.2	3.2	3.0	3.7	4.0	5.2	5.2	4.2
6	5.4	5.0	4.6	4.4	3.9	3.4	3.5	3.2	3.7	3.9	5.3	5.3	4.3
9	5.6	5.2	5.5	5.8	4.8	4.3	4.5	4.3	4.8	4.6	5.6	5.4	5.0
12	6.3	6.1	6.2	6.4	5.5	5.1	5.1	4.9	5.5	5.3	6.3	6.0	5.7
15	5.8	5.7	6.1	6.5	5.6	5.1	5.3	5.0	5.2	4.9	5.6	5.5	5.5
18	5.5	4.8	4.8	5.4	4.7	4.5	4.6	4.2	4.0	3.9	5.2	5.2	4.7
21	5.5	4.9	4.6	4.4	3.9	3.5	3.3	3.2	3.7	4.0	5.3	5.2	4.3
Jour	5.6	5.2	5.1	5.2	4.5	4.0	4.1	3.8	4.3	4.3	5.5	5.4	4.8

Classe de rugosité 0													
z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	6.6	6.8	6.5	5.6	5.1	7.3	8.3	8.9	8.2	7.9	7.3	6.4	7.4
	2.21	2.45	2.35	2.16	2.10	2.37	2.47	2.51	2.35	2.20	2.04	1.93	2.18
25	7.3	7.4	7.1	6.1	5.6	7.9	9.1	9.7	8.9	8.7	8.0	7.0	8.1
	2.28	2.53	2.42	2.23	2.17	2.44	2.55	2.58	2.43	2.27	2.11	1.99	2.24
50	7.8	7.9	7.6	6.6	6.0	8.5	9.7	10.4	9.6	9.3	8.6	7.5	8.7
	2.35	2.60	2.49	2.29	2.22	2.51	2.62	2.65	2.49	2.33	2.16	2.05	2.30
100	8.4	8.6	8.3	7.1	6.5	9.2	10.6	11.2	10.4	10.1	9.3	8.2	9.5
	2.27	2.51	2.41	2.22	2.15	2.42	2.54	2.57	2.41	2.26	2.10	1.98	2.23
200	9.4	9.5	9.1	7.9	7.2	10.2	11.7	12.4	11.5	11.2	10.3	9.0	10.5
	2.15	2.38	2.28	2.10	2.04	2.30	2.40	2.45	2.28	2.14	1.98	1.88	2.13
Freq	7.1	8.6	7.3	4.4	3.1	6.5	11.3	13.0	12.6	11.3	8.4	6.5	100.0

Classe de rugosité 1													
z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	4.7	4.7	4.5	3.6	3.6	5.2	5.9	6.3	5.5	5.5	4.9	4.3	5.2
	1.94	2.09	1.90	1.83	1.75	2.05	2.09	2.13	1.93	1.80	1.69	1.62	1.85
25	5.6	5.7	5.4	4.3	4.4	6.2	7.0	7.5	6.6	6.6	5.9	5.2	6.2
	2.09	2.26	2.06	1.97	1.88	2.21	2.26	2.29	2.08	1.94	1.82	1.74	1.99
50	6.5	6.5	6.2	5.0	5.1	7.2	8.1	8.6	7.6	7.6	6.8	6.0	7.2
	2.35	2.54	2.31	2.21	2.12	2.49	2.54	2.54	2.34	2.17	2.05	1.96	2.21
100	7.7	7.8	7.3	5.9	6.0	8.5	9.6	10.1	9.0	9.0	8.1	7.2	8.5
	2.51	2.70	2.46	2.36	2.26	2.65	2.70	2.71	2.49	2.31	2.18	2.09	2.35
200	9.6	9.6	9.1	7.4	7.5	10.6	12.0	12.4	11.2	11.2	10.1	8.9	10.6
	2.39	2.58	2.35	2.25	2.15	2.53	2.58	2.60	2.38	2.21	2.08	1.99	2.26
Freq	7.4	8.9	6.7	3.7	2.9	7.7	12.4	13.1	12.5	10.9	7.6	6.2	100.0

Classe de rugosité 2													
z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	4.1	4.1	3.9	3.1	3.3	4.6	5.2	5.5	4.8	4.8	4.2	3.8	4.5
	1.97	2.09	1.93	1.85	1.74	2.05	2.10	2.13	1.94	1.81	1.67	1.65	1.87
25	5.1	5.1	4.8	3.8	4.1	5.7	6.4	6.7	5.9	5.9	5.2	4.7	5.6
	2.11	2.24	2.07	1.98	1.86	2.19	2.25	2.26	2.07	1.94	1.78	1.76	1.99
50	6.0	5.9	5.7	4.5	4.8	6.6	7.4	7.8	6.9	7.0	6.1	5.5	6.6
	2.33	2.48	2.29	2.19	2.06	2.42	2.49	2.47	2.29	2.13	1.97	1.95	2.18
100	7.1	7.1	6.7	5.3	5.7	7.9	8.9	9.2	8.2	8.3	7.3	6.6	7.8
	2.56	2.72	2.51	2.40	2.26	2.67	2.74	2.72	2.52	2.35	2.16	2.14	2.38
200	8.8	8.7	8.3	6.6	7.1	9.8	10.9	11.3	10.1	10.2	9.0	8.1	9.6
	2.45	2.61	2.41	2.30	2.17	2.55	2.62	2.61	2.41	2.25	2.07	2.05	2.29
Freq	7.6	8.9	6.5	3.5	3.1	8.2	12.6	13.1	12.4	10.7	7.3	6.1	100.0

Classe de rugosité 3													
z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	3.3	3.2	3.0	2.5	2.9	3.7	4.1	4.2	3.8	3.8	3.3	3.0	3.6
	1.97	2.06	1.92	1.83	1.79	2.08	2.12	2.11	1.97	1.81	1.67	1.70	1.88
25	4.3	4.3	4.0	3.2	3.8	4.9	5.4	5.6	5.0	4.9	4.3	4.0	4.7
	2.09	2.19	2.04	1.94	1.90	2.20	2.24	2.22	2.09	1.92	1.76	1.80	1.98
50	5.2	5.1	4.8	3.9	4.6	5.9	6.5	6.7	6.0	6.0	5.2	4.8	5.7
	2.27	2.37	2.21	2.11	2.06	2.39	2.44	2.40	2.27	2.08	1.92	1.96	2.14
100	6.2	6.2	5.8	4.7	5.5	7.1	7.8	8.0	7.3	7.2	6.3	5.8	6.8
	2.59	2.70	2.52	2.40	2.35	2.72	2.78	2.72	2.58	2.37	2.18	2.23	2.41
200	7.6	7.6	7.1	5.8	6.8	8.6	9.6	9.7	8.9	8.8	7.7	7.1	8.4
	2.49	2.61	2.43	2.32	2.26	2.62	2.67	2.63	2.49	2.29	2.10	2.15	2.34
Freq	7.8	8.6	6.1	3.4	3.7	8.8	12.7	13.1	12.2	10.2	7.2	6.3	100.0

z	Classe 0		Classe 1		Classe 2		Classe 3	
10	6.6	308	4.6	123	4.0	81	3.2	39
25	7.2	394	5.5	195	5.0	143	4.2	85
50	7.7	479	6.4	273	5.8	211	5.0	139
100	8.4	625	7.5	433	6.9	332	6.1	222
200	9.3	880	9.3	855	8.5	638	7.4	412

Carcassonne

43° 13' 00'' N 02° 19' 00'' E UTM 31 E 444496 m N 4785189 m 130 m a.n.m.

Le site est localisé au Sud de la France, entre les Pyrénées et le Massif Central et à 65 km de la mer Méditerranée. La station est située dans la vallée de la rivière de l'Aude, à l'Ouest des limites de la ville de Carcassonne. La vallée orientée Ouest-Est s'étend approximativement à 5 km au Nord et au Sud du site. La vallée et les montagnes au Nord sont pour la plupart couvertes de vignobles, tandis que les montagnes au Sud sont couvertes par des forêts. L'anémomètre est placé sur le côté sud de l'aérodrome avec des constructions situées dans les secteurs Est et Nord-Ouest.

Sect	z01	x1	z02	x2	z03	x3	z04	x4	z05	x5	z06	Prc	Deg
0	0.01	300	0.20										
30	0.01	400	0.20										
60	0.01	650	0.20										
90	0.03	100	0.15	2200	0.50								
120	0.03	100	0.20	2000	0.40	2700	0.20						
150	0.03	100	0.20										
180	0.03	100	0.20										
210	0.03	100	0.20										
240	0.03	100	0.20										
270	0.03	100	0.20										
300	0.01	500	0.20										
330	0.01	400	0.20										

Hauteur de l'anémomètre: 11.2 m a.s.

Période: 73052500-78123121

Sect	Freq	<1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	0.8	552	224	90	45	37	15	7	15	15	0	0	0	0	0	1.4	0.87
30	0.9	509	259	150	54	14	0	0	7	0	0	7	0	0	0	1.5	0.99
60	5.1	102	70	104	91	106	110	104	110	80	94	24	6	0	0	6.3	2.13
90	16.3	38	55	75	100	133	140	131	118	82	88	31	5	2	0	6.7	2.38
120	5.3	96	118	145	173	151	112	81	51	35	28	9	1	0	0	4.7	1.79
150	1.6	398	375	147	42	27	0	4	4	4	0	0	0	0	0	1.7	1.27
180	3.1	290	368	296	37	4	2	0	2	0	0	0	0	0	0	1.9	2.00
210	3.5	273	449	232	35	5	0	4	2	0	0	0	0	0	0	1.8	1.83
240	6.0	96	203	186	180	153	85	49	23	8	14	3	0	0	0	3.8	1.77
270	30.6	29	59	120	153	170	151	118	79	51	51	15	4	1	0	5.7	2.09
300	23.9	31	35	61	93	117	134	138	127	104	116	33	10	1	2	7.2	2.55
330	2.8	153	85	74	57	94	83	142	85	90	99	29	9	0	2	6.4	2.11
Total	100.0	77	97	112	115	128	120	107	86	63	68	20	5	1	1	5.8	1.96

UTC	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Année
0	4.6	4.7	4.5	4.3	3.8	3.5	3.1	3.1	3.5	4.1	4.3	4.5	4.0
3	4.6	4.6	4.3	4.4	3.7	3.5	3.2	3.2	3.4	4.0	4.2	4.4	3.9
6	4.6	4.6	4.3	4.4	4.1	3.9	3.6	3.2	3.4	4.3	4.4	4.4	4.1
9	4.8	5.2	5.8	6.6	6.0	5.9	5.6	5.2	5.2	5.5	4.9	4.7	5.4
12	6.1	6.9	7.3	7.4	6.7	6.2	6.0	5.9	6.4	6.8	6.5	6.0	6.5
15	6.4	7.1	7.7	7.3	6.7	6.4	6.3	6.1	6.2	6.4	6.2	6.0	6.5
18	4.8	5.1	5.8	5.8	5.7	5.6	5.6	5.0	4.4	4.4	4.8	4.9	5.1
21	4.7	4.8	4.7	4.3	4.0	3.5	3.4	3.4	3.5	4.2	4.6	4.6	4.1
Jour	5.1	5.4	5.6	5.6	5.1	4.8	4.6	4.4	4.5	5.0	5.0	4.9	5.0

Classe de rugosité 0													
z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	7.2	2.4	8.9	11.4	10.3	6.5	3.3	3.3	5.6	9.8	10.4	10.4	9.5
	1.60	1.07	2.24	2.55	2.28	1.65	1.99	2.14	1.69	2.28	2.61	2.74	2.10
25	7.9	2.6	9.7	12.4	11.3	7.1	3.6	3.6	6.2	10.7	11.4	11.4	10.3
	1.63	1.10	2.30	2.58	2.31	1.71	2.06	2.21	1.74	2.32	2.66	2.80	2.13
50	8.4	2.8	10.3	13.2	12.0	7.6	3.8	3.8	6.6	11.4	12.1	12.2	11.0
	1.68	1.13	2.36	2.64	2.37	1.75	2.11	2.27	1.79	2.39	2.73	2.88	2.18
100	9.1	3.0	11.1	14.1	12.8	8.3	4.2	4.1	7.2	12.2	13.0	13.1	11.8
	1.64	1.10	2.30	2.61	2.34	1.70	2.05	2.19	1.73	2.34	2.68	2.82	2.15
200	9.8	3.3	12.2	15.3	13.9	9.1	4.6	4.6	7.9	13.3	14.1	14.2	12.9
	1.58	1.04	2.20	2.55	2.27	1.61	1.94	2.08	1.64	2.26	2.59	2.72	2.10
Freq	1.5	0.9	3.5	12.0	9.4	3.0	2.4	3.3	5.1	21.2	26.9	10.6	100.0

Classe de rugosité 1													
z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	2.9	1.6	6.4	8.3	6.6	3.0	2.3	2.3	4.4	7.0	7.5	7.3	6.7
	0.96	0.96	2.04	2.33	1.86	1.09	1.81	1.74	1.62	2.06	2.42	2.32	1.89
25	3.5	2.0	7.6	9.7	7.8	3.7	2.8	2.7	5.3	8.3	8.9	8.6	7.9
	1.01	1.03	2.17	2.41	1.94	1.17	1.96	1.88	1.75	2.15	2.54	2.44	1.97
50	4.1	2.4	8.7	10.9	8.8	4.3	3.2	3.2	6.2	9.4	10.1	9.8	9.0
	1.08	1.15	2.37	2.54	2.08	1.31	2.20	2.12	1.97	2.31	2.72	2.63	2.09
100	4.8	2.9	10.1	12.3	10.1	5.2	3.8	3.8	7.4	10.8	11.5	11.2	10.3
	1.16	1.22	2.55	2.72	2.24	1.38	2.34	2.25	2.09	2.48	2.93	2.83	2.22
200	5.7	3.5	12.3	14.2	12.0	6.4	4.8	4.7	9.1	12.7	13.7	13.3	12.2
	1.12	1.17	2.44	2.65	2.16	1.33	2.24	2.15	2.00	2.40	2.83	2.72	2.19
Freq	1.1	0.9	4.6	14.6	6.9	2.2	2.8	3.4	5.7	27.0	25.3	5.6	100.0

Classe de rugosité 2													
z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	1.6	1.4	5.6	7.2	5.4	2.0	2.0	2.0	4.0	6.2	6.6	6.2	5.8
	0.81	0.97	2.09	2.35	1.81	1.01	1.84	1.71	1.69	2.08	2.47	2.20	1.89
25	2.0	1.8	6.9	8.8	6.6	2.6	2.5	2.4	5.0	7.5	8.1	7.6	7.1
	0.85	1.03	2.20	2.42	1.89	1.08	1.97	1.83	1.81	2.17	2.58	2.30	1.96
50	2.5	2.2	8.0	10.0	7.6	3.1	3.0	2.9	5.8	8.6	9.3	8.7	8.2
	0.92	1.13	2.38	2.53	2.03	1.19	2.18	2.03	2.00	2.30	2.74	2.45	2.07
100	3.1	2.6	9.4	11.4	8.9	3.8	3.5	3.4	7.0	10.0	10.7	10.1	9.5
	1.00	1.24	2.62	2.74	2.22	1.30	2.39	2.23	2.20	2.52	3.01	2.69	2.23
200	3.7	3.2	11.3	13.3	10.6	4.6	4.4	4.2	8.6	11.8	12.7	12.0	11.3
	0.97	1.19	2.52	2.68	2.15	1.24	2.29	2.13	2.10	2.44	2.91	2.60	2.20
Freq	0.9	0.9	4.9	15.6	6.0	1.8	3.0	3.5	5.9	29.1	24.7	3.8	100.0

Classe de rugosité 3													
z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	1.1	1.8	4.7	5.7	4.0	1.5	1.6	1.7	3.6	4.9	5.2	4.7	4.6
	0.90	0.95	2.13	2.34	1.78	1.34	1.87	1.49	1.75	2.12	2.53	2.06	1.91
25	1.5	2.4	6.1	7.3	5.2	2.0	2.2	2.3	4.7	6.3	6.8	6.2	6.0
	0.95	1.00	2.22	2.40	1.87	1.42	1.99	1.58	1.86	2.20	2.62	2.14	1.97
50	1.9	2.9	7.2	8.7	6.2	2.4	2.6	2.8	5.7	7.6	8.1	7.3	7.1
	1.02	1.08	2.35	2.49	1.99	1.53	2.16	1.72	2.01	2.31	2.76	2.25	2.06
100	2.3	3.7	8.6	10.1	7.4	3.0	3.2	3.4	6.9	8.9	9.5	8.7	8.4
	1.15	1.22	2.60	2.65	2.24	1.74	2.46	1.96	2.30	2.52	3.02	2.47	2.22
200	2.8	4.4	10.2	11.8	9.0	3.6	3.9	4.2	8.5	10.5	11.3	10.3	10.0
	1.11	1.17	2.56	2.69	2.18	1.68	2.37	1.88	2.21	2.51	3.01	2.45	2.23
Freq	0.8	1.2	5.7	15.7	5.1	1.7	3.1	3.6	7.4	30.6	22.4	2.7	100.0

z	Classe 0		Classe 1		Classe 2		Classe 3	
10	8.4	657	5.9	259	5.2	170	4.1	82
25	9.2	842	7.0	408	6.3	297	5.3	176
50	9.8	1007	7.9	562	7.3	434	6.3	285
100	10.5	1258	9.1	807	8.4	632	7.5	441
200	11.4	1647	10.8	1356	10.0	1059	8.9	734

Cherbourg

49° 39' 00'' N 01° 28' 00'' W UTM 30 E 610688 m N 5500956 m 138 m a.n.m.

La station est située à la pointe de la péninsule de Cherbourg en Normandie, à 2 km de la côte de la Manche et à 10 km à l'Est de la ville de Cherbourg. Le terrain est quelque peu ondulé et son apparence fermée est due aux nombreuses ceintures d'obstacles. Dans les secteurs Ouest-Nord-Ouest en passant par le Nord, le terrain descend vers la Manche avec un gradient approximatif de 150 m en 2 km.
L'anémomètre est placé sur le côté Sud de l'aérodrome avec une ligne d'arbres dans le secteur Sud, à une distance approximative de 100 m.

Sect	z01	x1	z02	x2	z03	x3	z04	x4	z05	x5	z06	Prc	Deg
0	0.03	500	0.30	3500	0.00							4	-5
30	0.03	600	0.30									-3	-2
60	0.01	750	0.30									-1	3
90	0.01	1300	0.30									7	5
120	0.01	150	0.30									15	2
150	0.01	100	0.30									15	-3
180	0.05	300	0.30									5	-6
210	0.05	300	0.30									-3	-2
240	0.10	300	0.30									-2	4
270	0.05	400	0.30									8	5
300	0.03	200	0.30	3000	0.00							13	2
330	0.03	700	0.30	2500	0.00							10	-3

Hauteur de l'anémomètre: 10.5 m a.s. Période: 70010100-78123121

Sect	Freq	<1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	5.7	98	63	127	148	133	94	90	68	71	66	25	14	0	2	5.5	1.66
30	6.1	95	59	98	123	120	101	100	91	72	91	37	8	2	3	6.2	1.87
60	7.9	58	49	76	96	119	102	104	112	107	119	45	12	1	0	7.0	2.33
90	7.7	61	42	79	111	127	127	113	119	86	85	38	8	2	0	6.6	2.23
120	5.5	84	73	131	154	159	148	101	66	39	37	5	3	0	0	5.2	2.09
150	6.4	93	115	171	185	163	117	64	43	25	21	5	0	0	0	4.4	1.87
180	8.1	80	121	164	176	147	100	70	49	38	38	12	4	0	0	4.6	1.64
210	9.9	64	71	140	159	131	114	89	75	61	53	27	12	3	1	5.6	1.70
240	11.2	54	59	106	143	130	117	103	88	74	76	30	17	2	1	6.2	1.89
270	13.2	47	48	87	123	135	127	114	98	77	83	39	15	4	2	6.6	1.99
300	10.9	60	56	110	143	116	115	115	80	73	75	35	16	4	1	6.3	1.89
330	7.5	80	71	129	135	139	103	92	67	70	60	25	20	9	2	5.7	1.60
Total	100.0	69	67	116	140	133	114	98	82	68	69	29	12	3	1	5.9	1.82

UTC	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Année
0	5.8	5.6	5.2	5.3	4.4	3.8	3.5	3.4	4.1	4.3	5.3	5.7	4.7
3	5.8	5.6	5.0	5.3	4.3	3.8	3.5	3.3	4.3	4.4	5.4	5.5	4.7
6	5.9	5.7	5.1	5.6	4.6	4.1	3.8	3.4	4.4	4.5	5.5	5.6	4.8
9	5.8	6.0	5.9	6.5	5.6	5.0	4.6	4.4	5.2	5.0	5.4	5.8	5.4
12	6.5	6.5	6.5	6.8	6.1	5.6	5.2	5.1	5.7	5.5	6.0	6.2	6.0
15	6.4	6.5	6.6	6.8	6.1	5.6	5.5	5.1	5.8	5.4	5.7	5.9	5.9
18	5.9	5.6	5.4	5.9	5.4	4.9	4.7	4.2	4.5	4.5	5.5	5.7	5.2
21	5.9	5.7	5.2	5.3	4.4	3.8	3.7	3.5	4.2	4.5	5.5	5.8	4.8
Jour	6.0	5.9	5.6	5.9	5.1	4.6	4.3	4.0	4.8	4.8	5.5	5.8	5.2

Classe de rugosité 0													
z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	7.0	9.5	10.5	9.5	8.8	7.9	7.8	9.2	10.8	10.6	8.8	7.2	9.2
	1.63	1.91	2.42	2.48	2.47	2.28	1.98	1.77	1.96	2.09	1.86	1.69	1.91
25	7.7	10.4	11.5	10.4	9.6	8.6	8.5	10.1	11.8	11.6	9.6	7.9	10.1
	1.67	1.94	2.46	2.53	2.54	2.35	2.03	1.79	1.98	2.12	1.89	1.74	1.95
50	8.2	11.0	12.2	11.1	10.3	9.3	9.1	10.7	12.5	12.4	10.2	8.5	10.7
	1.72	1.99	2.53	2.60	2.61	2.41	2.08	1.83	2.01	2.16	1.94	1.78	1.99
100	8.9	11.8	13.1	12.0	11.1	10.1	9.9	11.4	13.4	13.2	10.9	9.1	11.5
	1.67	1.96	2.49	2.55	2.53	2.33	2.03	1.81	2.01	2.15	1.91	1.73	1.97
200	9.7	12.7	14.2	13.1	12.3	11.1	10.8	12.3	14.3	14.2	11.9	10.0	12.5
	1.59	1.91	2.41	2.44	2.41	2.21	1.93	1.77	1.97	2.10	1.84	1.65	1.92
Freq	6.2	6.5	8.3	7.8	5.5	5.3	7.1	10.1	12.4	12.7	10.5	7.6	100.0

Classe de rugosité 1													
z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	4.9	7.2	7.5	6.4	6.1	5.3	5.4	6.9	8.0	7.5	5.8	4.7	6.5
	1.40	1.80	2.26	2.15	2.07	1.87	1.66	1.65	1.86	1.95	1.61	1.38	1.72
25	5.9	8.4	8.9	7.7	7.2	6.4	6.5	8.1	9.4	8.8	6.9	5.7	7.7
	1.50	1.86	2.35	2.30	2.22	2.02	1.77	1.71	1.91	2.01	1.70	1.49	1.79
50	6.9	9.5	10.0	8.8	8.3	7.4	7.5	9.1	10.5	9.9	7.9	6.6	8.8
	1.65	1.96	2.51	2.53	2.48	2.27	1.95	1.79	1.98	2.12	1.85	1.66	1.92
100	8.1	10.8	11.4	10.3	9.8	8.7	8.8	10.3	11.8	11.2	9.2	7.9	10.1
	1.77	2.10	2.70	2.71	2.65	2.42	2.08	1.91	2.12	2.27	1.99	1.77	2.07
200	9.9	12.4	13.4	12.5	12.1	10.9	10.7	11.8	13.4	13.0	11.0	9.7	12.0
	1.70	2.04	2.61	2.60	2.53	2.31	2.00	1.87	2.07	2.20	1.91	1.69	2.04
Freq	5.9	6.7	8.7	7.5	4.9	5.5	7.7	10.9	12.8	12.6	9.8	7.0	100.0

Classe de rugosité 2													
z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	4.3	6.4	6.5	5.5	5.3	4.6	4.7	6.1	7.0	6.5	4.9	4.0	5.7
	1.42	1.85	2.28	2.16	2.07	1.85	1.64	1.69	1.89	1.96	1.60	1.35	1.72
25	5.4	7.7	8.0	6.8	6.5	5.6	5.8	7.4	8.5	7.9	6.0	5.0	7.0
	1.50	1.90	2.37	2.30	2.20	1.98	1.74	1.73	1.94	2.03	1.69	1.44	1.79
50	6.3	8.9	9.2	7.9	7.6	6.6	6.8	8.5	9.7	9.0	7.0	5.9	8.0
	1.64	1.98	2.51	2.51	2.43	2.19	1.88	1.80	2.00	2.12	1.83	1.59	1.90
100	7.5	10.1	10.6	9.3	9.0	7.9	8.0	9.7	11.0	10.3	8.3	7.1	9.3
	1.80	2.14	2.75	2.76	2.67	2.40	2.07	1.94	2.12	2.31	2.01	1.74	2.07
200	9.1	11.7	12.4	11.4	11.0	9.7	9.7	11.2	12.6	12.0	10.0	8.7	11.0
	1.73	2.10	2.66	2.65	2.56	2.30	1.99	1.90	2.11	2.25	1.94	1.67	2.06
Freq	5.8	6.9	8.9	7.2	4.8	5.6	7.9	11.1	12.9	12.7	9.5	6.7	100.0

Classe de rugosité 3													
z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	3.6	5.0	5.1	4.3	4.1	3.6	3.9	4.9	5.5	5.0	3.8	3.2	4.5
	1.45	1.90	2.26	2.17	2.01	1.82	1.63	1.72	1.90	1.96	1.59	1.37	1.74
25	4.7	6.5	6.6	5.7	5.3	4.8	5.1	6.3	7.1	6.5	5.0	4.2	5.8
	1.51	1.95	2.33	2.28	2.13	1.93	1.71	1.76	1.94	2.01	1.66	1.44	1.79
50	5.7	7.7	7.8	6.8	6.4	5.8	6.1	7.5	8.4	7.7	6.0	5.1	7.0
	1.61	2.02	2.45	2.46	2.31	2.10	1.81	1.82	2.00	2.09	1.78	1.56	1.88
100	6.8	9.1	9.2	8.2	7.7	6.9	7.3	8.8	9.8	9.1	7.2	6.2	8.3
	1.79	2.15	2.67	2.79	2.63	2.39	2.00	1.92	2.10	2.24	1.99	1.77	2.04
200	8.2	10.6	10.9	9.9	9.4	8.5	8.7	10.2	11.3	10.6	8.7	7.6	9.8
	1.76	2.18	2.67	2.70	2.53	2.30	1.97	1.96	2.15	2.26	1.94	1.71	2.07
Freq	5.9	7.2	8.7	6.9	4.9	5.9	8.2	11.4	13.1	12.2	9.1	6.6	100.0

z	Classe 0		Classe 1		Classe 2		Classe 3	
10	8.2	669	5.8	273	5.1	179	4.0	86
25	8.9	852	6.9	425	6.2	311	5.2	184
50	9.5	1015	7.8	578	7.1	447	6.2	294
100	10.2	1267	9.0	811	8.3	640	7.3	448
200	11.1	1659	10.6	1362	9.8	1066	8.7	736

Clermont-Ferrand

45° 47' 00" N 03° 10' 00" E UTM 31 E 512956 m N 5070084 m 332 m a.n.m.

Le site se trouve au Nord du Massif Central sur la plaine de la Limagne située entre le Mont d'Auvergne (1500 m) à l'Ouest et le Mont du Forez (1300 m) à l'Est. Les pieds du Mont d'Auvergne commencent à 10 km du site et sont orientés Nord-Sud. La zone montagneuse située à l'Est est éloigné de 30 km et, au Sud, la plaine est limitée par les montagnes du Livradois. La plaine a une apparence ouverte et plate et se compose surtout de terrains agricoles. Dans le secteur Sud Est-Sud Ouest, à une distance de 2 à 4 km, il y a plusieurs petits sommets qui atteignent environ 100 à 200 m au dessus du terrain environnant. Le centre de la ville de Clermont-Ferrand est situé à 7 km à l'Ouest du site. La banlieue s'étend jusqu'aux limites de l'aérodrome à l'exception des secteurs allant du Nord jusqu'à l'Est. L'anémomètre est placé sur la partie Nord de l'aérodrome. Le village d'Aulnat est proche du site dans le secteur Nord Ouest.

Sect	z01	x1	z02	x2	z03	x3	z04	x4	z05	x5	z06	Prc	Deg
0	0.05	3000	0.10										
30	0.05												
60	0.05												
90	0.05	4000	0.15										
120	0.01	1200	0.05	2000	0.15								
150	0.01	800	0.10	1750	0.30								
180	0.01	700	0.05	1200	0.25								
210	0.01	800	0.30	2000	0.20								
240	0.01	1400	0.15	2500	0.20								
270	0.01	800	0.10	2500	0.40								
300	0.05	200	0.30	1500	0.07	4000	0.30						
330	0.05	150	0.20	1200	0.07	4000	0.25						

Hauteur de l'anémomètre: 10.5 m a.s. Période: 76010103-85123121

Sect	Freq	<1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	13.5	215	237	201	149	102	54	27	11	3	2	0	0	0	0	2.9	1.57
30	10.3	218	247	215	148	94	45	20	7	4	2	1	0	0	0	2.8	1.54
60	5.9	379	303	189	81	36	10	1	1	0	1	0	0	0	0	1.8	1.40
90	4.8	461	348	142	36	7	5	1	0	0	0	0	0	0	0	1.5	1.46
120	4.7	435	349	150	46	11	7	0	1	1	0	0	0	0	0	1.6	1.40
150	6.4	331	267	168	91	58	33	16	11	8	12	3	0	1	0	2.2	1.05
180	14.8	141	120	122	124	118	103	78	61	47	50	22	8	2	1	5.0	1.57
210	9.7	190	156	144	128	105	100	70	40	26	30	7	2	0	0	4.0	1.49
240	7.5	259	186	144	103	93	76	55	35	20	18	7	3	0	0	3.3	1.25
270	7.8	260	167	116	105	87	90	61	35	30	30	13	5	0	1	3.8	1.27
300	6.3	295	214	148	116	89	67	31	18	10	7	4	0	0	0	2.8	1.26
330	8.3	280	264	182	129	77	40	19	7	2	0	0	0	0	0	2.4	1.41
Total	100.0	258	221	161	115	84	60	38	23	16	16	6	2	0	0	3.0	1.18

UTC	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Année
0	2.7	2.6	3.0	2.3	1.7	1.6	1.4	1.3	1.8	2.2	2.6	3.2	2.2
3	2.5	2.6	2.8	2.2	1.7	1.4	1.2	1.3	1.6	2.3	2.7	3.1	2.1
6	2.6	2.7	2.8	2.2	1.9	1.8	1.5	1.3	1.6	2.2	2.5	3.0	2.2
9	2.6	3.1	3.6	3.7	2.9	2.6	2.4	2.1	2.4	3.0	2.9	3.2	2.9
12	3.6	3.8	4.4	4.4	3.4	3.2	3.2	2.8	2.8	3.4	3.4	3.9	3.5
15	3.2	3.8	4.6	4.9	3.6	3.6	3.5	3.2	3.3	3.4	3.2	3.4	3.6
18	2.6	2.9	3.5	4.2	3.2	3.3	3.3	2.8	2.4	2.5	2.6	2.9	3.0
21	2.6	2.5	3.0	2.5	2.0	1.8	1.9	1.5	1.9	2.1	2.5	3.0	2.3
Jour	2.8	3.0	3.5	3.3	2.6	2.4	2.3	2.0	2.2	2.6	2.8	3.2	2.7

Classe de rugosité 0													
z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	4.4	4.2	3.4	2.5	2.3	3.1	6.8	6.7	5.4	5.5	5.3	4.6	4.8
	1.81	1.81	1.65	1.63	1.65	1.20	1.63	1.78	1.60	1.48	1.47	1.58	1.40
25	4.9	4.7	3.8	2.7	2.5	3.4	7.5	7.4	5.9	6.0	5.8	5.1	5.2
	1.87	1.86	1.70	1.68	1.71	1.24	1.67	1.83	1.65	1.52	1.51	1.63	1.44
50	5.2	5.0	4.1	2.9	2.7	3.7	8.0	7.9	6.4	6.5	6.3	5.5	5.6
	1.91	1.91	1.74	1.73	1.75	1.26	1.72	1.88	1.69	1.56	1.55	1.67	1.47
100	5.7	5.4	4.4	3.2	2.9	3.9	8.7	8.6	6.9	7.0	6.8	5.9	6.1
	1.85	1.85	1.69	1.67	1.70	1.23	1.67	1.82	1.63	1.51	1.51	1.62	1.44
200	6.3	6.0	4.8	3.5	3.2	4.3	9.4	9.5	7.6	7.7	7.5	6.5	6.7
	1.76	1.75	1.60	1.58	1.61	1.17	1.60	1.73	1.55	1.44	1.43	1.54	1.38
Freq	11.6	11.6	7.5	5.2	4.8	5.8	11.9	11.5	8.3	7.7	6.8	7.5	100.0

Classe de rugosité 1													
z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	3.1	2.9	2.1	1.6	1.5	2.2	5.1	4.3	3.4	3.9	3.5	3.1	3.3
	1.54	1.52	1.34	1.40	1.40	1.03	1.51	1.48	1.28	1.26	1.24	1.39	1.22
25	3.7	3.5	2.5	2.0	1.9	2.7	6.1	5.2	4.2	4.7	4.3	3.7	3.9
	1.66	1.63	1.44	1.50	1.51	1.11	1.61	1.59	1.38	1.35	1.34	1.50	1.30
50	4.3	4.1	2.9	2.3	2.2	3.2	7.1	6.1	4.9	5.5	5.1	4.4	4.6
	1.86	1.83	1.62	1.69	1.69	1.24	1.76	1.78	1.54	1.51	1.50	1.68	1.42
100	5.1	4.9	3.5	2.8	2.6	3.9	8.3	7.3	5.9	6.6	6.0	5.2	5.5
	1.98	1.95	1.72	1.79	1.80	1.31	1.88	1.90	1.64	1.61	1.60	1.79	1.50
200	6.4	6.1	4.3	3.4	3.3	4.8	10.0	9.0	7.3	8.1	7.5	6.4	6.8
	1.89	1.87	1.65	1.71	1.72	1.26	1.81	1.81	1.57	1.54	1.52	1.71	1.46
Freq	13.0	10.7	6.4	4.9	4.8	6.2	13.9	10.3	7.8	7.8	6.4	8.0	100.0

Classe de rugosité 2													
z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	2.7	2.6	1.7	1.4	1.4	2.0	4.6	3.7	3.0	3.4	3.0	2.7	2.9
	1.55	1.53	1.39	1.43	1.39	1.04	1.55	1.49	1.28	1.26	1.25	1.40	1.23
25	3.3	3.2	2.2	1.8	1.7	2.5	5.6	4.6	3.7	4.3	3.8	3.3	3.6
	1.66	1.63	1.49	1.53	1.49	1.11	1.63	1.59	1.37	1.35	1.33	1.50	1.30
50	4.0	3.8	2.6	2.1	2.1	3.0	6.6	5.4	4.4	5.1	4.6	3.9	4.2
	1.83	1.81	1.64	1.69	1.64	1.22	1.76	1.75	1.51	1.48	1.47	1.65	1.40
100	4.7	4.5	3.1	2.5	2.5	3.7	7.7	6.5	5.3	6.1	5.5	4.7	5.1
	2.01	1.98	1.80	1.86	1.80	1.33	1.94	1.92	1.65	1.63	1.61	1.82	1.51
200	5.8	5.5	3.8	3.0	3.0	4.5	9.3	8.0	6.5	7.5	6.7	5.8	6.2
	1.92	1.90	1.73	1.78	1.73	1.27	1.87	1.84	1.58	1.56	1.54	1.74	1.47
Freq	13.5	10.4	6.0	4.8	4.7	6.3	14.6	9.8	7.6	7.8	6.2	8.2	100.0

Classe de rugosité 3													
z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	2.1	2.0	1.4	1.1	1.2	1.9	3.6	2.8	2.3	2.7	2.4	2.1	2.2
	1.55	1.51	1.42	1.39	1.20	1.07	1.56	1.47	1.26	1.28	1.26	1.44	1.24
25	2.8	2.6	1.8	1.5	1.5	2.6	4.7	3.8	3.1	3.6	3.1	2.8	3.0
	1.64	1.60	1.50	1.47	1.27	1.13	1.63	1.56	1.33	1.35	1.33	1.52	1.29
50	3.4	3.2	2.2	1.8	1.9	3.2	5.6	4.6	3.8	4.4	3.8	3.4	3.6
	1.78	1.73	1.62	1.59	1.37	1.23	1.74	1.69	1.44	1.46	1.44	1.65	1.38
100	4.1	3.8	2.7	2.2	2.3	3.9	6.8	5.6	4.7	5.4	4.7	4.1	4.5
	2.03	1.97	1.85	1.81	1.56	1.38	1.95	1.92	1.64	1.66	1.64	1.87	1.53
200	5.0	4.7	3.3	2.6	2.8	4.8	8.1	6.8	5.7	6.5	5.7	5.0	5.4
	1.96	1.90	1.78	1.74	1.50	1.34	1.90	1.85	1.58	1.60	1.58	1.81	1.50
Freq	13.1	9.8	5.8	4.8	4.9	7.3	14.3	9.5	7.5	7.5	6.5	9.1	100.0

z	Classe 0		Classe 1		Classe 2		Classe 3	
10	4.3	150	3.0	66	2.7	43	2.1	21
25	4.7	189	3.6	101	3.3	74	2.8	44
50	5.1	227	4.2	134	3.8	105	3.3	69
100	5.5	299	5.0	203	4.6	156	4.0	104
200	6.1	428	6.1	402	5.6	300	4.9	193

Dinard

48° 35' 00" N 02° 04' 00" W UTM 30 E 568836 m N 5381665 m 59 m a.n.m.

Le site est localisé au Nord de la Bretagne, à 6 km au Sud de la côte de la Manche, à 5 km au Sud du centre de la ville de Dinard et à 8 km au Sud Ouest de la ville de St. Malo. Le terrain est caractérisé par de petites forêts, par des villages et par des ceintures d'obstacles donnant tous ensemble une apparence plutôt fermée.

L'anémomètre est placé à l'Est des pistes avec des constructions situées dans le secteur Nord Ouest et éloignées de 150 m à 200 m.

[illegible]

Hauteur de l'anémomètre: 10.5 m a.s.

Période: 70010103-79123121

Sect	Freq	<1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	<i>A</i>	<i>k</i>
0	8.9	52	91	147	189	182	136	78	46	35	32	8	4	0	0	4.9	1.92
30	9.0	59	99	168	207	164	131	76	48	29	16	3	1	0	0	4.6	2.00
60	7.7	73	140	206	191	152	99	69	40	16	14	0	0	0	0	4.1	1.90
90	5.2	108	193	237	220	124	67	36	8	7	1	0	0	0	0	3.4	1.96
120	4.7	86	151	226	213	136	97	49	20	12	9	1	1	0	0	3.9	1.85
150	5.9	53	82	158	182	172	132	106	56	29	27	4	0	0	0	4.9	2.10
180	9.0	36	55	132	198	187	142	91	59	36	48	11	4	0	0	5.2	1.93
210	12.2	37	64	152	180	163	116	94	70	43	53	19	4	4	0	5.3	1.76
240	12.7	32	91	153	186	151	117	90	70	42	45	17	5	1	0	5.2	1.77
270	8.3	59	86	138	173	142	107	88	76	47	58	19	6	1	0	5.3	1.73
300	7.6	48	77	115	140	137	138	100	85	58	69	24	7	1	1	5.9	1.95
330	8.9	53	72	125	144	164	147	110	73	50	43	13	6	1	0	5.5	2.04
Total	100.0	53	93	157	183	158	121	85	58	36	38	11	4	1	0	5.0	1.81

UTC	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Année
0	5.1	4.7	4.3	3.9	3.4	3.0	2.9	3.0	3.3	3.8	4.8	4.8	3.9
3	5.0	4.6	4.2	4.0	3.3	3.0	2.9	2.9	3.4	3.8	4.7	4.7	3.9
6	4.9	4.7	4.3	4.0	3.6	3.2	3.0	3.0	3.4	3.8	4.8	4.7	3.9
9	5.1	5.0	5.1	5.3	4.9	4.2	4.2	4.1	4.5	4.3	4.9	4.8	4.7
12	5.9	5.7	5.9	6.0	5.3	4.8	4.8	4.8	5.0	4.9	5.6	5.5	5.3
15	5.7	5.6	5.9	6.2	5.4	5.1	5.3	5.1	5.0	4.8	5.2	5.1	5.4
18	4.9	4.5	4.7	5.1	4.7	4.4	4.4	4.2	3.8	3.5	4.6	4.7	4.5
21	4.9	4.6	4.3	4.0	3.5	3.1	3.0	3.0	3.4	3.7	4.8	5.0	3.9
Jour	5.2	4.9	4.8	4.8	4.2	3.8	3.8	3.8	4.0	4.1	4.9	4.9	4.4

Classe de rugosité 0													
z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	8.8	8.7	8.2	7.0	6.3	7.4	8.3	8.0	7.8	7.9	8.9	9.0	8.1
	2.24	2.26	2.29	2.21	2.22	2.28	2.32	2.14	2.09	2.02	2.08	2.29	2.14
25	9.6	9.5	8.9	7.7	6.9	8.1	9.0	8.8	8.6	8.6	9.7	9.8	8.9
	2.30	2.32	2.36	2.28	2.29	2.35	2.40	2.20	2.15	2.08	2.13	2.34	2.19
50	10.2	10.2	9.6	8.2	7.4	8.6	9.7	9.4	9.2	9.2	10.4	10.5	9.5
	2.36	2.38	2.42	2.34	2.35	2.41	2.46	2.26	2.21	2.13	2.19	2.41	2.26
100	11.1	11.0	10.4	8.9	8.0	9.4	10.5	10.2	9.9	10.0	11.1	11.3	10.3
	2.30	2.32	2.35	2.26	2.27	2.33	2.38	2.20	2.15	2.08	2.14	2.35	2.20
200	12.1	12.1	11.5	9.9	8.9	10.4	11.6	11.2	11.0	11.0	12.1	12.4	11.3
	2.20	2.22	2.22	2.14	2.15	2.21	2.26	2.09	2.04	1.98	2.06	2.25	2.10
Freq	8.8	8.9	8.2	6.2	5.0	5.5	7.8	11.0	12.5	10.0	7.9	8.4	100.0

Classe de rugosité 1													
z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	6.2	6.1	5.5	4.6	4.4	5.4	5.8	5.5	5.4	5.6	6.5	6.2	5.7
	1.90	1.98	1.89	1.87	1.84	2.03	1.94	1.76	1.75	1.71	1.89	2.01	1.83
25	7.3	7.3	6.6	5.6	5.2	6.5	6.9	6.6	6.5	6.7	7.7	7.4	6.8
	2.02	2.11	2.04	2.02	1.98	2.19	2.09	1.88	1.88	1.83	1.98	2.14	1.95
50	8.4	8.4	7.6	6.4	6.1	7.5	8.0	7.6	7.5	7.7	8.8	8.5	7.8
	2.21	2.33	2.30	2.27	2.23	2.46	2.34	2.10	2.11	2.01	2.13	2.36	2.16
100	9.8	9.8	9.1	7.6	7.2	8.9	9.4	8.9	8.9	9.0	10.1	9.9	9.2
	2.37	2.49	2.44	2.42	2.37	2.62	2.50	2.24	2.24	2.15	2.29	2.53	2.31
200	11.8	12.0	11.3	9.5	9.0	11.1	11.7	11.0	11.0	10.9	12.0	12.1	11.2
	2.28	2.39	2.33	2.31	2.27	2.50	2.39	2.14	2.15	2.06	2.21	2.42	2.23
Freq	8.8	8.9	7.9	5.6	4.8	5.8	8.6	11.8	12.6	8.9	7.7	8.7	100.0

Classe de rugosité 2													
z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	5.4	5.3	4.8	4.0	3.8	4.8	5.1	4.8	4.7	4.9	5.8	5.4	4.9
	1.90	1.99	1.90	1.91	1.84	2.06	1.94	1.79	1.78	1.74	1.93	2.01	1.85
25	6.6	6.6	5.9	4.9	4.7	5.9	6.2	5.9	5.8	6.1	7.1	6.6	6.1
	2.00	2.12	2.03	2.05	1.97	2.20	2.06	1.91	1.90	1.84	2.01	2.13	1.96
50	7.7	7.7	6.9	5.8	5.5	6.9	7.3	7.0	6.9	7.1	8.1	7.7	7.1
	2.16	2.30	2.25	2.26	2.18	2.44	2.28	2.10	2.10	2.00	2.14	2.32	2.13
100	9.0	9.0	8.2	6.9	6.6	8.3	8.6	8.3	8.2	8.3	9.4	9.1	8.4
	2.37	2.53	2.47	2.49	2.40	2.68	2.50	2.31	2.31	2.20	2.35	2.55	2.35
200	10.8	10.9	10.1	8.5	8.1	10.2	10.6	10.1	10.1	10.1	11.2	11.0	10.3
	2.29	2.43	2.37	2.38	2.30	2.57	2.40	2.21	2.21	2.12	2.27	2.45	2.27
Freq	8.8	8.9	7.8	5.4	4.8	5.8	8.8	12.1	12.6	8.5	7.6	8.8	100.0

Classe de rugosité 3													
z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	4.2	4.2	3.7	3.1	3.1	3.8	4.0	3.8	3.7	4.0	4.5	4.2	3.9
	1.91	2.01	1.89	1.92	1.83	2.08	1.95	1.81	1.79	1.77	1.94	2.03	1.86
25	5.5	5.5	4.9	4.1	4.0	5.1	5.2	5.0	4.9	5.2	5.9	5.5	5.1
	2.00	2.11	2.01	2.04	1.94	2.20	2.06	1.91	1.90	1.86	2.01	2.13	1.96
50	6.6	6.6	5.9	4.9	4.9	6.1	6.3	6.0	5.9	6.2	7.1	6.6	6.2
	2.13	2.27	2.18	2.21	2.10	2.40	2.23	2.06	2.06	1.99	2.12	2.30	2.10
100	7.9	7.9	7.1	5.9	5.9	7.3	7.6	7.2	7.2	7.4	8.4	7.9	7.4
	2.38	2.56	2.49	2.52	2.39	2.73	2.54	2.35	2.34	2.23	2.32	2.60	2.37
200	9.5	9.6	8.6	7.2	7.2	9.0	9.2	8.8	8.8	9.0	9.9	9.6	9.0
	2.33	2.48	2.39	2.43	2.31	2.63	2.45	2.27	2.26	2.18	2.31	2.51	2.31
Freq	8.8	8.9	7.6	5.2	4.8	6.1	9.3	12.2	12.3	8.2	7.7	8.8	100.0

z	Classe 0		Classe 1		Classe 2		Classe 3	
10	7.2	405	5.0	163	4.4	108	3.5	52
25	7.8	518	6.0	258	5.4	189	4.5	112
50	8.4	624	6.9	356	6.3	276	5.5	182
100	9.1	806	8.1	547	7.5	422	6.6	284
200	10.0	1117	9.9	1039	9.1	786	8.0	515

Evreux

49° 01' 00" N 01° 13' 00" E UTM 31 E 369602 m N 5430948 m 146 m a.n.m.

Le site se trouve au Nord Ouest de la France, à 90 km à l'Ouest de Paris et 5 km à l'Est du centre de la ville d'Evreux. Environ 35% du terrain sont boisés. L'aérodrome est situé dans une partie du terrain plutôt ouvert et la forêt la plus proche se trouve à une distance de 2 km dans le secteur Nord-Nord Ouest. L'anémomètre est placé au Sud Est de la piste sans aucun obstacle à moins de 200 m.

Sect	z ₀₁	x ₁	z ₀₂	x ₂	z ₀₃	x ₃	z ₀₄	x ₄	z ₀₅	x ₅	z ₀₆	Prc	Deg
0	0.01	1000	0.10										
30	0.01	2000	0.10										
60	0.01	250	0.20										
90	0.01	250	0.30	1300	0.10								
120	0.01	300	0.30	1200	0.20								
150	0.01	300	0.20	1200	0.05	2200	0.30						
180	0.01	900	0.10	1600	0.20								
210	0.01	1000	0.05	2200	0.15								
240	0.01	1200	0.05	2000	0.15	4000	0.40						
270	0.01	1500	0.10	2250	0.40								
300	0.01	1250	0.30										
330	0.01	1000	0.15	2000	0.40								

Hauteur de l'anémomètre: 12.0 m a.s. Période: 70010103-79123121

Sect	Freq	<1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	7.2	80	138	194	191	152	108	74	36	15	10	0	0	0	0	4.2	1.97
30	8.0	64	118	170	162	155	135	83	55	29	25	4	0	0	0	4.7	2.00
60	8.8	62	117	197	201	159	120	67	39	21	12	1	2	0	0	4.3	1.93
90	5.0	112	169	247	196	138	80	35	14	5	3	1	0	0	0	3.5	1.88
120	4.6	135	172	245	213	120	66	30	15	2	2	0	0	0	0	3.4	1.92
150	5.9	95	151	203	193	141	102	62	28	19	7	0	0	0	0	4.0	1.89
180	8.0	60	120	180	171	148	111	79	56	36	30	8	0	0	0	4.7	1.81
210	11.3	55	105	127	158	151	134	89	69	43	53	13	3	0	1	5.3	1.89
240	11.1	50	90	125	151	133	133	106	73	54	57	23	4	0	0	5.6	1.94
270	10.7	53	75	129	169	166	131	99	66	48	44	14	3	1	0	5.3	1.94
300	11.2	60	108	189	182	153	116	74	49	27	29	8	3	0	0	4.6	1.77
330	8.3	82	160	205	189	140	98	56	32	21	11	5	1	0	0	4.0	1.73
Total	100.0	69	120	175	178	148	116	76	49	30	28	8	2	0	0	4.6	1.77

UTC	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Année
0	4.2	4.0	4.0	3.9	3.3	2.8	2.7	2.7	2.8	2.9	3.9	4.1	3.5
3	4.3	3.9	4.0	3.7	3.1	2.7	2.7	2.5	2.8	2.9	3.9	4.1	3.4
6	4.3	4.2	3.9	3.9	3.5	3.1	3.0	2.6	2.9	3.0	4.0	4.0	3.5
9	4.4	4.5	4.9	5.2	4.7	4.1	4.1	4.0	4.2	3.9	4.3	4.2	4.4
12	5.1	5.2	5.6	5.8	5.2	4.6	4.7	4.6	4.9	4.7	5.2	5.0	5.1
15	5.0	5.2	5.7	5.9	5.3	4.7	4.8	4.7	4.8	4.6	4.9	4.7	5.0
18	4.4	4.2	4.6	5.0	4.6	4.5	4.5	4.1	3.6	3.2	4.1	4.2	4.3
21	4.4	4.2	4.0	3.9	3.4	3.0	2.9	2.9	3.1	3.0	4.0	4.2	3.6
Jour	4.5	4.4	4.6	4.7	4.1	3.7	3.7	3.5	3.7	3.5	4.3	4.3	4.1

Classe de rugosité 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	5.8 2.17	6.2 2.29	6.9 2.27	6.4 2.19	5.5 2.25	6.1 2.18	6.7 2.15	7.3 2.18	7.8 2.24	7.8 2.28	7.1 2.15	6.3 2.04	6.8 2.12
25	6.3 2.24	6.7 2.37	7.6 2.34	7.0 2.26	6.1 2.32	6.6 2.25	7.3 2.22	7.9 2.25	8.5 2.31	8.5 2.35	7.7 2.22	6.8 2.11	7.4 2.19
50	6.8 2.30	7.2 2.43	8.1 2.40	7.5 2.32	6.5 2.38	7.1 2.31	7.8 2.28	8.5 2.31	9.2 2.37	9.2 2.41	8.3 2.28	7.3 2.16	8.0 2.24
100	7.4 2.23	7.8 2.35	8.8 2.32	8.2 2.24	7.1 2.31	7.7 2.23	8.5 2.21	9.2 2.24	9.9 2.30	9.9 2.33	9.0 2.21	8.0 2.09	8.7 2.18
200	8.2 2.11	8.7 2.22	9.7 2.20	9.0 2.13	7.8 2.19	8.6 2.12	9.4 2.09	10.2 2.12	11.0 2.18	11.0 2.21	10.0 2.09	8.8 1.98	9.6 2.07
Freq	7.7	7.7	8.4	6.4	4.7	5.4	7.3	10.1	11.2	10.8	10.9	9.3	100.0

Classe de rugosité 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	4.0 1.90	4.4 1.94	5.0 1.92	4.2 1.85	3.8 1.89	4.4 1.84	4.7 1.79	5.1 1.85	5.5 1.91	5.4 1.90	4.7 1.77	4.2 1.69	4.7 1.80
25	4.8 2.05	5.3 2.10	5.9 2.07	5.0 1.99	4.6 2.05	5.2 1.99	5.6 1.94	6.1 1.99	6.6 2.06	6.4 2.05	5.7 1.91	5.0 1.83	5.7 1.94
50	5.6 2.31	6.1 2.36	6.9 2.33	5.8 2.24	5.3 2.30	6.1 2.23	6.5 2.17	7.1 2.24	7.7 2.31	7.4 2.31	6.6 2.15	5.8 2.05	6.6 2.17
100	6.7 2.46	7.3 2.51	8.2 2.48	6.9 2.39	6.3 2.45	7.2 2.38	7.7 2.31	8.4 2.39	9.1 2.46	8.8 2.45	7.8 2.28	6.9 2.19	7.8 2.30
200	8.3 2.35	9.0 2.40	10.2 2.37	8.6 2.28	7.9 2.33	8.9 2.27	9.5 2.21	10.5 2.28	11.3 2.35	11.0 2.35	9.7 2.18	8.6 2.09	9.7 2.20
Freq	7.4	7.9	8.6	5.5	4.7	5.7	7.8	10.9	11.1	10.7	11.1	8.6	100.0

Classe de rugosité 2

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	3.5 1.94	3.9 1.97	4.3 1.90	3.5 1.85	3.3 1.89	3.8 1.86	4.1 1.80	4.5 1.85	4.8 1.91	4.7 1.92	4.1 1.77	3.6 1.71	4.1 1.80
25	4.4 2.07	4.8 2.10	5.4 2.04	4.3 1.98	4.1 2.03	4.8 1.99	5.1 1.93	5.5 1.98	6.0 2.04	5.8 2.05	5.1 1.89	4.5 1.83	5.1 1.92
50	5.1 2.30	5.6 2.33	6.3 2.26	5.1 2.19	4.8 2.24	5.6 2.20	5.9 2.13	6.5 2.19	7.0 2.26	6.8 2.27	6.0 2.09	5.3 2.03	6.0 2.12
100	6.1 2.52	6.7 2.56	7.5 2.48	6.1 2.40	5.7 2.46	6.7 2.42	7.1 2.35	7.8 2.40	8.4 2.48	8.1 2.49	7.1 2.30	6.3 2.23	7.1 2.31
200	7.5 2.42	8.3 2.45	9.2 2.37	7.5 2.30	7.1 2.36	8.2 2.31	8.7 2.24	9.6 2.30	10.4 2.38	10.0 2.38	8.8 2.20	7.8 2.13	8.8 2.22
Freq	7.3	8.0	8.6	5.2	4.6	5.8	8.0	11.2	11.1	10.7	11.2	8.4	100.0

Classe de rugosité 3

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	2.8 1.97	3.1 1.96	3.4 1.89	2.8 1.90	2.7 1.89	3.1 1.84	3.3 1.80	3.6 1.87	3.8 1.92	3.6 1.92	3.2 1.75	2.9 1.75	3.3 1.81
25	3.7 2.09	4.1 2.08	4.5 2.00	3.6 2.01	3.5 2.00	4.0 1.95	4.3 1.91	4.7 1.98	5.0 2.03	4.8 2.03	4.2 1.86	3.8 1.85	4.3 1.92
50	4.5 2.27	4.9 2.26	5.4 2.17	4.4 2.19	4.3 2.17	4.9 2.12	5.2 2.07	5.7 2.15	6.1 2.21	5.8 2.21	5.1 2.01	4.6 2.01	5.2 2.08
100	5.4 2.59	5.9 2.58	6.5 2.47	5.3 2.49	5.1 2.48	5.9 2.42	6.3 2.36	6.8 2.45	7.3 2.51	7.0 2.51	6.1 2.30	5.5 2.29	6.3 2.35
200	6.6 2.49	7.3 2.48	8.0 2.38	6.4 2.40	6.3 2.38	7.2 2.33	7.7 2.28	8.4 2.37	8.9 2.42	8.5 2.42	7.5 2.21	6.8 2.20	7.7 2.27
Freq	7.3	7.9	8.5	5.0	4.7	6.2	8.3	11.2	11.1	10.8	10.9	8.2	100.0

z	Classe 0		Classe 1		Classe 2		Classe 3	
10	6.0	240	4.2	97	3.7	64	2.9	31
25	6.6	306	5.0	153	4.5	112	3.8	67
50	7.1	371	5.8	213	5.3	165	4.6	109
100	7.7	486	6.9	339	6.3	260	5.6	173
200	8.5	689	8.6	678	7.8	505	6.8	324

Gourdon

44° 45' 00" N 01° 24' 00" E UTM 31 E 373342 m N 4956516 m 261 m a.n.m.

Le site est localisé au Sud Ouest de la France, à l'extrémité Ouest du Massif Central. Le site n'étant pas situé sur un aéroport se trouve à 1500 m au Nord Est du centre de la ville de Gourdon. Le terrain est ondulé et très boisé. Les petites zones agricoles éparpillées ont beaucoup de ceintures d'obstacles. Il y a des obstacles – arbres et maisons – situés approximativement entre 50 m et 150 m de l'anémomètre dans les secteurs Sud-Ouest, Nord-Ouest et Nord.

Sect	z01	x1	z02	x2	z03	x3	z04	x4	z05	x5	z06	Prc	Deg
0	0.30												
30	0.30												
60	0.30												
90	0.30												
120	0.30												
150	0.30												
180	0.30												
210	0.30												
240	0.30												
270	0.30												
300	0.30												
330	0.30												

Hauteur de l'anémomètre: 11.0 m a.s. Période: 70010103-79123121

Sect	Freq	<1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	7.7	189	282	245	132	75	42	21	10	3	1	0	0	0	0	2.7	1.54
30	4.3	242	283	243	109	65	39	12	4	2	2	0	0	0	0	2.4	1.49
60	2.8	294	284	226	103	52	30	11	0	0	0	0	0	0	0	2.2	1.49
90	4.9	222	288	251	122	62	28	19	3	1	1	2	0	0	0	2.5	1.50
120	12.6	121	223	240	159	92	64	36	23	16	17	5	4	2	0	3.3	1.28
150	10.9	141	215	191	122	96	69	44	34	24	32	19	9	6	0	3.7	1.17
180	7.7	160	222	206	153	128	71	28	15	10	6	0	0	0	0	3.2	1.61
210	7.7	155	205	221	173	127	71	29	11	3	5	0	0	0	0	3.3	1.74
240	8.3	137	223	218	160	119	75	35	15	10	7	0	0	0	0	3.3	1.61
270	11.4	133	217	227	172	110	72	37	20	6	4	2	0	0	0	3.3	1.62
300	11.8	133	253	264	168	93	48	20	10	5	3	2	0	0	0	3.0	1.61
330	9.9	158	280	275	143	80	41	14	6	2	1	0	0	0	0	2.7	1.69
Total	100.0	157	241	234	149	96	58	28	15	8	8	3	1	1	0	3.1	1.37

UTC	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Année
0	3.0	3.4	3.0	2.7	2.6	2.1	1.9	1.9	2.0	2.5	2.6	2.8	2.5
3	2.9	3.2	2.8	2.4	2.4	1.9	1.7	1.8	2.0	2.3	2.6	2.8	2.4
6	2.9	3.1	2.6	2.4	2.2	1.6	1.5	1.6	1.7	2.1	2.5	2.6	2.2
9	3.0	3.4	3.1	3.5	3.1	2.4	2.2	2.2	2.2	2.4	2.6	2.6	2.7
12	3.5	4.1	3.8	4.0	3.5	3.0	2.9	2.8	2.9	3.1	3.2	3.2	3.3
15	3.4	4.1	4.1	4.2	3.6	3.2	3.2	3.0	2.9	3.1	3.2	3.0	3.4
18	3.2	3.5	3.3	3.6	3.3	3.0	3.0	2.7	2.2	2.3	2.8	2.9	3.0
21	3.3	3.5	3.1	2.9	2.7	2.1	2.1	2.0	2.3	2.5	2.8	3.0	2.7
Jour	3.1	3.5	3.2	3.2	2.9	2.4	2.3	2.2	2.3	2.5	2.8	2.9	2.8

Classe de rugosité 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	5.2	4.9	4.5	4.7	6.2	6.6	6.6	6.3	6.4	6.5	6.0	5.5	5.9
	1.87	1.76	1.75	1.75	1.42	1.27	1.43	1.97	1.96	1.92	1.87	1.92	1.55
25	5.7	5.4	4.9	5.2	6.8	7.3	7.2	6.8	7.0	7.1	6.6	6.0	6.5
	1.93	1.81	1.81	1.80	1.46	1.29	1.46	2.03	2.01	1.98	1.92	1.98	1.59
50	6.1	5.8	5.3	5.6	7.3	7.8	7.7	7.4	7.5	7.6	7.1	6.5	7.0
	1.98	1.86	1.85	1.85	1.49	1.31	1.49	2.09	2.07	2.04	1.98	2.04	1.63
100	6.6	6.3	5.7	6.1	7.8	8.3	8.3	8.0	8.1	8.2	7.7	7.0	7.5
	1.92	1.80	1.79	1.79	1.46	1.30	1.47	2.02	2.00	1.97	1.91	1.97	1.60
200	7.3	6.9	6.3	6.7	8.4	8.8	8.9	8.8	9.0	9.1	8.5	7.7	8.2
	1.81	1.71	1.70	1.70	1.40	1.27	1.42	1.92	1.90	1.87	1.81	1.87	1.55
Freq	8.7	5.9	3.5	3.9	9.2	11.7	9.1	7.7	8.0	10.0	11.6	10.7	100.0

Classe de rugosité 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	3.6	3.3	3.0	3.3	4.3	4.8	4.4	4.3	4.4	4.4	4.1	3.7	4.1
	1.54	1.47	1.49	1.47	1.25	1.16	1.37	1.69	1.60	1.59	1.57	1.63	1.35
25	4.3	4.0	3.7	4.0	5.2	5.7	5.3	5.2	5.3	5.3	4.9	4.5	4.9
	1.66	1.59	1.60	1.59	1.31	1.19	1.46	1.82	1.73	1.72	1.69	1.76	1.43
50	5.0	4.7	4.3	4.7	6.0	6.4	6.2	6.1	6.1	6.2	5.7	5.2	5.7
	1.86	1.78	1.80	1.78	1.42	1.24	1.62	2.04	1.94	1.93	1.90	1.98	1.56
100	6.0	5.6	5.1	5.6	7.0	7.3	7.3	7.2	7.3	7.3	6.8	6.2	6.8
	1.98	1.89	1.92	1.89	1.52	1.32	1.73	2.17	2.06	2.05	2.03	2.11	1.69
200	7.4	6.9	6.3	6.9	8.3	8.4	9.0	8.9	9.1	9.1	8.4	7.7	8.3
	1.89	1.81	1.83	1.81	1.46	1.29	1.66	2.08	1.97	1.96	1.93	2.01	1.67
Freq	8.1	5.0	3.1	4.5	11.1	11.3	8.3	7.7	8.2	10.8	11.7	10.3	100.0

Classe de rugosité 2

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	3.1	2.9	2.6	2.9	3.9	4.3	3.9	3.8	3.9	3.9	3.5	3.2	3.6
	1.52	1.48	1.49	1.48	1.29	1.17	1.49	1.73	1.64	1.63	1.60	1.64	1.37
25	3.9	3.6	3.3	3.6	4.8	5.2	4.8	4.7	4.8	4.8	4.4	4.0	4.5
	1.63	1.58	1.60	1.58	1.35	1.19	1.60	1.85	1.75	1.75	1.71	1.75	1.44
50	4.6	4.3	3.9	4.3	5.7	6.0	5.7	5.6	5.7	5.7	5.2	4.7	5.3
	1.80	1.75	1.76	1.75	1.45	1.23	1.76	2.05	1.94	1.93	1.89	1.94	1.56
100	5.5	5.1	4.6	5.1	6.7	6.9	6.8	6.6	6.8	6.8	6.2	5.6	6.3
	1.98	1.92	1.94	1.92	1.58	1.31	1.94	2.25	2.13	2.12	2.08	2.13	1.72
200	6.8	6.3	5.7	6.3	7.9	7.9	8.4	8.2	8.4	8.4	7.6	6.9	7.6
	1.90	1.84	1.85	1.83	1.53	1.30	1.85	2.15	2.04	2.03	1.99	2.04	1.70
Freq	7.9	4.7	3.0	4.7	11.8	11.1	8.0	7.7	8.2	11.1	11.7	10.1	100.0

Classe de rugosité 3

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	2.5	2.3	2.1	2.4	3.1	3.4	3.0	3.0	3.1	3.1	2.8	2.5	2.8
	1.52	1.46	1.48	1.44	1.27	1.18	1.62	1.73	1.62	1.63	1.62	1.67	1.38
25	3.3	3.0	2.7	3.1	4.0	4.4	4.0	4.0	4.0	4.0	3.7	3.4	3.8
	1.62	1.54	1.56	1.52	1.32	1.20	1.71	1.83	1.72	1.72	1.71	1.77	1.44
50	4.0	3.6	3.3	3.8	4.9	5.3	4.8	4.8	4.9	4.9	4.5	4.1	4.6
	1.75	1.67	1.70	1.65	1.40	1.23	1.86	1.99	1.87	1.87	1.86	1.92	1.53
100	4.8	4.4	4.0	4.6	5.8	6.2	5.8	5.8	5.9	5.9	5.4	4.9	5.5
	1.99	1.90	1.93	1.87	1.53	1.29	2.12	2.27	2.12	2.13	2.12	2.19	1.70
200	5.9	5.4	4.9	5.7	6.9	7.2	7.1	7.1	7.3	7.3	6.6	6.0	6.7
	1.92	1.84	1.87	1.80	1.52	1.32	2.04	2.19	2.05	2.05	2.04	2.11	1.71
Freq	7.6	4.3	2.9	5.1	12.6	10.8	7.7	7.7	8.4	11.4	11.8	9.8	100.0

z	Classe 0		Classe 1		Classe 2		Classe 3	
10	5.3	240	3.8	104	3.3	69	2.6	33
25	5.8	304	4.5	160	4.1	117	3.4	70
50	6.3	362	5.1	212	4.7	166	4.1	111
100	6.8	466	6.0	309	5.6	241	4.9	166
200	7.4	646	7.4	579	6.8	442	5.9	292

Istres

43° 31' 00" N 04° 56' 00" E UTM 31 E 656264 m N 4820095 m 24 m a.n.m.

La site se trouve dans la vallée du Rhône au Sud de la France, à 40 km environ à l'Ouest–Nord Ouest de la ville de Marseille. Le village d'Istres est situé à 5 km à l'Est du site et à 10 km de la mer dans le secteur Sud. Le terrain est plat et dégagé avec de vastes régions cultivées, construites dans les secteurs allant du Nord Est au Sud. Plusieurs grandes étendues d'eau se trouvent dans les secteurs allant d'Est en Ouest en passant par le secteur Sud. L'anémomètre est installé entre les pistes sans aucun obstacle à moins de 400 m.

Sect	z01	x1	z02	x2	z03	x3	z04	x4	z05	x5	z06	Prc	Deg
0	0.01	1100	0.20	3000	0.05								
30	0.01	1100	0.05	3000	0.20								
60	0.01	1100	0.30										
90	0.01	500	0.15	1750	0.40								
120	0.01	1600	0.30										
150	0.01	1700	0.15										
180	0.01	3500	0.15	4500	0.50								
210	0.01												
240	0.01												
270	0.01												
300	0.01												
330	0.01												

Hauteur de l'anémomètre: 10.0 m a.s. Période: 70111200–79123121

Sect	Freq	<1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	19.2	61	40	75	93	79	81	78	74	76	121	94	60	39	29	8.6	1.81
30	10.8	31	132	238	240	148	87	40	23	19	19	10	7	3	4	4.0	1.31
60	6.9	42	217	315	233	119	47	16	4	4	2	2	0	0	0	3.3	1.95
90	7.9	34	125	209	201	126	106	72	45	30	32	15	4	0	0	4.5	1.57
120	7.1	31	79	142	162	119	108	91	80	56	89	31	9	4	0	5.9	1.77
150	4.7	27	90	131	99	91	92	99	93	87	127	42	16	3	0	6.8	2.09
180	4.7	20	77	97	124	163	160	130	97	60	54	12	5	1	0	6.0	2.33
210	3.5	21	84	128	181	174	175	123	70	29	7	6	1	0	0	5.2	2.50
240	3.1	30	117	173	191	163	131	105	43	30	13	2	1	0	0	4.7	2.12
270	5.1	27	95	152	164	153	123	87	79	44	56	16	2	1	0	5.3	1.86
300	9.7	20	70	110	152	151	133	111	80	55	70	28	14	4	1	6.0	1.85
330	17.4	14	40	68	85	98	87	88	88	80	128	92	63	35	31	8.8	1.89
Total	100.0	32	85	139	148	120	101	81	66	54	75	45	27	15	11	6.1	1.45

UTC	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Année
0	5.6	5.3	5.0	5.1	4.0	4.1	4.7	4.2	4.3	4.6	5.3	5.1	4.8
3	5.6	5.3	5.0	4.9	4.0	4.0	4.6	4.2	4.3	4.9	5.2	5.2	4.8
6	5.7	5.4	5.1	4.9	4.2	4.5	4.9	4.5	4.3	5.1	5.4	5.4	4.9
9	6.0	6.2	6.5	6.9	5.5	5.7	6.1	5.7	5.4	6.0	6.1	5.6	6.0
12	6.8	7.3	7.3	7.7	6.7	6.6	7.0	6.9	6.3	6.6	6.9	6.4	6.9
15	6.8	7.3	7.6	8.4	7.1	7.1	7.9	7.6	6.8	6.7	6.6	6.2	7.2
18	5.7	6.2	6.2	6.8	6.1	6.5	6.9	6.4	5.4	5.0	5.6	5.5	6.0
21	5.4	5.7	5.4	5.7	4.2	4.4	4.9	4.4	4.3	4.7	5.5	5.4	5.0
Jour	5.9	6.1	6.0	6.3	5.2	5.4	5.9	5.5	5.1	5.4	5.8	5.6	5.7

Classe de rugosité 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	11.6	7.3	5.4	6.5	8.1	9.2	8.8	7.3	6.3	6.9	7.8	10.6	8.6
	1.95	1.31	1.85	1.76	1.93	2.21	2.56	2.72	2.64	2.23	2.19	1.96	1.67
25	12.7	7.9	5.9	7.2	8.9	10.0	9.6	8.0	6.9	7.5	8.6	11.5	9.4
	1.96	1.33	1.91	1.81	1.98	2.26	2.64	2.81	2.73	2.30	2.26	1.99	1.69
50	13.5	8.5	6.3	7.7	9.5	10.7	10.3	8.6	7.4	8.1	9.2	12.3	10.0
	1.99	1.35	1.96	1.86	2.03	2.33	2.71	2.88	2.80	2.37	2.32	2.02	1.73
100	14.3	9.0	6.9	8.4	10.2	11.5	11.1	9.3	8.1	8.8	10.0	13.1	10.8
	1.99	1.34	1.90	1.80	1.98	2.27	2.63	2.80	2.71	2.29	2.25	2.01	1.73
200	15.3	9.6	7.6	9.2	11.1	12.5	12.3	10.3	8.9	9.7	11.0	14.0	11.7
	1.96	1.31	1.79	1.71	1.90	2.19	2.49	2.65	2.56	2.17	2.13	1.97	1.71
Freq	18.5	12.9	8.0	7.7	7.4	5.4	4.7	3.8	3.2	4.5	8.4	15.4	100.0

Classe de rugosité 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	8.4	4.1	3.5	4.9	6.0	6.7	6.0	4.8	4.3	4.9	5.5	7.9	6.1
	1.81	1.23	1.83	1.58	1.74	2.06	2.29	2.41	2.12	1.88	1.84	1.88	1.54
25	9.9	4.9	4.2	5.9	7.1	7.9	7.1	5.8	5.2	5.8	6.6	9.3	7.2
	1.84	1.29	1.98	1.70	1.84	2.17	2.47	2.60	2.29	2.03	1.99	1.93	1.61
50	11.0	5.7	4.8	6.9	8.1	9.0	8.2	6.6	6.0	6.8	7.6	10.4	8.3
	1.90	1.40	2.22	1.90	2.00	2.35	2.78	2.93	2.57	2.28	2.24	2.01	1.71
100	12.3	6.7	5.8	8.2	9.4	10.4	9.7	7.8	7.1	8.0	9.1	11.7	9.5
	2.01	1.51	2.36	2.02	2.14	2.52	2.96	3.12	2.74	2.43	2.38	2.15	1.84
200	13.8	8.0	7.2	10.1	11.2	12.5	12.1	9.8	8.8	10.0	11.3	13.4	11.3
	1.98	1.45	2.26	1.93	2.06	2.43	2.83	2.97	2.62	2.31	2.28	2.10	1.87
Freq	19.0	11.1	7.0	7.8	7.2	4.8	4.7	3.6	3.1	5.0	9.5	17.1	100.0

Classe de rugosité 2

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	7.3	3.6	3.1	4.3	5.3	5.8	5.1	4.1	3.8	4.3	4.9	7.0	5.3
	1.78	1.38	1.85	1.56	1.78	2.07	2.30	2.45	2.08	1.84	1.77	1.90	1.56
25	8.8	4.5	3.8	5.4	6.5	7.2	6.3	5.1	4.7	5.3	6.1	8.4	6.5
	1.81	1.48	1.99	1.66	1.87	2.17	2.47	2.62	2.22	1.97	1.88	1.94	1.62
50	10.0	5.4	4.5	6.3	7.5	8.3	7.4	5.9	5.5	6.2	7.1	9.6	7.6
	1.86	1.63	2.20	1.82	2.01	2.32	2.73	2.90	2.46	2.18	2.05	2.01	1.71
100	11.3	6.4	5.3	7.5	8.8	9.6	8.8	7.1	6.5	7.4	8.4	10.9	8.8
	1.95	1.78	2.41	2.00	2.20	2.55	3.00	3.19	2.70	2.40	2.25	2.13	1.84
200	12.8	7.9	6.6	9.2	10.5	11.5	10.9	8.7	8.1	9.1	10.2	12.5	10.5
	1.96	1.71	2.31	1.92	2.12	2.46	2.87	3.05	2.59	2.30	2.16	2.12	1.89
Freq	18.8	10.6	6.9	7.9	7.0	4.7	4.7	3.5	3.2	5.3	10.1	17.4	100.0

Classe de rugosité 3

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	5.5	2.8	2.6	3.5	4.2	4.5	4.0	3.2	3.1	3.5	4.1	5.5	4.2
	1.70	1.40	1.71	1.60	1.82	2.06	2.28	2.41	2.01	1.86	1.72	1.88	1.57
25	7.1	3.8	3.4	4.6	5.5	5.9	5.2	4.2	4.0	4.6	5.4	7.1	5.5
	1.73	1.49	1.81	1.69	1.89	2.15	2.42	2.55	2.13	1.97	1.78	1.92	1.62
50	8.3	4.6	4.1	5.6	6.6	7.1	6.3	5.1	4.9	5.5	6.5	8.4	6.6
	1.77	1.62	1.97	1.81	2.01	2.28	2.62	2.77	2.32	2.14	1.88	1.97	1.69
100	9.7	5.6	5.0	6.8	7.8	8.4	7.5	6.1	5.8	6.6	7.7	9.8	7.8
	1.84	1.83	2.24	2.06	2.22	2.52	2.99	3.16	2.64	2.44	2.06	2.07	1.81
200	11.2	6.8	6.1	8.2	9.3	10.0	9.2	7.5	7.2	8.1	9.1	11.3	9.2
	1.88	1.77	2.17	1.99	2.19	2.49	2.88	3.05	2.55	2.35	2.05	2.11	1.87
Freq	17.9	10.1	7.0	7.8	6.7	4.7	4.5	3.4	3.5	5.9	10.9	17.6	100.0

z	Classe 0		Classe 1		Classe 2		Classe 3	
10	7.7	650	5.5	264	4.8	174	3.8	83
25	8.4	828	6.5	412	5.9	301	4.9	177
50	8.9	983	7.4	558	6.8	431	5.9	284
100	9.6	1214	8.5	774	7.8	615	6.9	429
200	10.4	1564	10.0	1260	9.3	992	8.2	689

Le Puy Chadrac

45° 03' 00'' N 03° 54' 00'' E UTM 31 E 570875 m N 4988991 m 715 m a.n.m.

Le site se trouve dans la partie centrale du Massif Central, dans la vallée de la Loire et à la lisière de la ville du Puy. Le terrain est ondulé et boisé à 15%. Les régions construites empiètent sur le site du Nord à l'Ouest. Le terrain descend vers la rivière Borne du Nord à l'Ouest, la plus grande pente étant de 100 m pour 400 m en allant de l'Est au Sud-Ouest.
L'anémomètre est très proche du mur – côté Nord-Ouest – du bâtiment de la station météorologique.

Sect	z01	x1	z02	x2	z03	x3	z04	x4	z05	x5	z06	Prc	Deg
0	0.03	300	0.15									19	7
30	0.03	300	0.25									36	5
60	0.30											46	-1
90	0.30											36	-7
120	0.30											19	-6
150	0.30											13	2
180	0.30											25	7
210	0.40											44	5
240	0.40											49	-1
270	0.30											36	-7
300	0.03	1500	0.15									13	-5
330	0.03	1300	0.15									8	1

Hauteur de l'anémomètre: 14.9 m a.s. Période: 76010103–82123121

Sect	Freq	<1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	12.2	278	156	148	129	112	69	47	27	16	15	2	0	0	0	3.3	1.39
30	9.9	314	167	141	141	101	67	33	18	10	7	0	0	0	0	3.0	1.40
60	6.4	490	236	110	67	45	31	15	2	1	3	0	0	0	0	1.6	1.02
90	5.2	595	246	116	22	13	8	0	0	0	0	0	0	0	0	1.1	1.12
120	4.3	604	157	93	63	25	30	15	6	2	3	1	1	0	0	1.3	0.83
150	7.2	350	114	84	68	71	72	53	52	30	48	26	16	9	7	4.1	1.09
180	10.1	262	106	93	73	75	69	76	59	41	67	45	22	9	4	5.1	1.30
210	9.3	364	179	110	72	65	66	49	40	21	25	6	1	2	1	2.8	1.04
240	9.2	360	207	146	76	62	54	38	25	15	10	4	3	0	1	2.5	1.03
270	7.9	374	194	149	101	74	47	25	22	7	6	1	1	0	0	2.4	1.15
300	8.6	342	181	172	117	83	58	24	11	5	6	1	1	0	0	2.6	1.28
330	9.7	284	188	149	121	97	68	45	21	12	14	2	0	0	0	3.0	1.32
Total	100.0	358	174	129	94	75	57	39	26	15	19	8	4	2	1	2.8	1.04

UTC	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Année
0	2.0	1.9	2.2	1.9	1.4	1.6	1.3	1.4	1.7	2.2	1.9	2.7	1.8
3	1.7	1.9	1.9	1.4	1.2	1.3	1.0	1.1	1.5	2.0	1.8	2.3	1.6
6	1.8	1.9	1.8	1.4	1.2	1.2	1.0	1.0	1.4	2.0	1.8	2.4	1.6
9	2.0	2.2	2.5	2.6	2.7	2.7	2.3	2.0	2.1	2.5	2.0	2.6	2.4
12	3.0	3.3	4.2	4.3	4.2	4.0	3.7	3.4	3.5	3.8	2.9	3.7	3.7
15	3.0	3.7	4.5	4.9	4.8	4.4	4.2	4.0	4.1	4.1	3.2	3.5	4.0
18	2.2	2.7	3.4	3.7	3.9	4.2	3.9	3.5	3.2	2.8	2.6	2.8	3.2
21	2.0	2.1	2.4	2.3	2.0	2.1	2.1	2.0	2.1	2.2	2.3	3.0	2.2
Jour	2.2	2.5	2.9	2.8	2.7	2.7	2.4	2.3	2.4	2.7	2.3	2.9	2.6

Classe de rugosité 0													
z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	4.2	3.8	2.7	1.8	1.9	4.7	6.5	4.9	3.3	3.2	3.3	3.8	3.7
	1.59	1.58	1.34	1.20	1.02	0.98	1.28	1.21	1.17	1.25	1.40	1.48	1.09
25	4.6	4.2	3.0	2.0	2.1	5.2	7.1	5.4	3.7	3.5	3.6	4.2	4.1
	1.64	1.62	1.38	1.23	1.06	0.98	1.30	1.24	1.20	1.28	1.44	1.52	1.11
50	5.0	4.5	3.3	2.2	2.2	5.5	7.6	5.8	4.0	3.8	3.9	4.5	4.4
	1.68	1.67	1.42	1.26	1.08	1.00	1.33	1.27	1.23	1.31	1.48	1.57	1.13
100	5.4	4.9	3.5	2.3	2.4	5.9	8.1	6.3	4.3	4.1	4.2	4.9	4.8
	1.63	1.62	1.37	1.23	1.05	0.99	1.31	1.24	1.19	1.27	1.43	1.52	1.12
200	5.9	5.4	3.8	2.5	2.6	6.3	8.7	6.8	4.6	4.5	4.6	5.3	5.2
	1.54	1.53	1.30	1.16	1.00	0.98	1.28	1.19	1.13	1.21	1.36	1.44	1.10
Freq	12.2	10.3	6.5	5.0	5.0	7.4	10.0	9.0	7.6	7.4	8.7	10.9	100.0

Classe de rugosité 1													
z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	2.9	2.5	1.6	1.1	1.2	4.1	4.6	2.8	2.2	2.2	2.3	2.7	2.6
	1.35	1.33	1.07	1.02	0.84	1.02	1.19	1.02	1.01	1.08	1.21	1.28	0.98
25	3.5	3.0	2.0	1.4	1.5	4.8	5.4	3.5	2.7	2.6	2.8	3.3	3.1
	1.46	1.43	1.15	1.09	0.90	1.04	1.23	1.09	1.08	1.16	1.30	1.38	1.03
50	4.1	3.6	2.3	1.7	1.9	5.4	6.2	4.2	3.2	3.1	3.2	3.9	3.7
	1.63	1.60	1.28	1.22	1.00	1.08	1.30	1.22	1.21	1.29	1.46	1.54	1.10
100	4.9	4.3	2.8	2.0	2.3	6.2	7.1	5.0	3.8	3.8	3.9	4.7	4.4
	1.74	1.70	1.36	1.29	1.06	1.14	1.40	1.29	1.28	1.37	1.54	1.64	1.19
200	6.1	5.3	3.5	2.5	2.8	7.0	8.3	6.2	4.7	4.6	4.8	5.8	5.3
	1.66	1.63	1.30	1.24	1.01	1.12	1.35	1.24	1.23	1.31	1.48	1.57	1.19
Freq	12.4	9.2	5.7	4.9	5.0	8.3	10.4	8.4	7.5	7.5	9.2	11.4	100.0

Classe de rugosité 2													
z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	2.6	2.2	1.3	1.0	1.1	3.8	4.0	2.3	1.9	1.9	2.0	2.4	2.3
	1.36	1.33	1.05	1.02	0.84	1.06	1.21	1.02	1.00	1.10	1.22	1.29	0.99
25	3.2	2.7	1.7	1.3	1.4	4.6	4.9	3.0	2.3	2.4	2.5	3.0	2.8
	1.46	1.42	1.12	1.08	0.89	1.08	1.24	1.09	1.06	1.17	1.30	1.38	1.03
50	3.8	3.2	2.0	1.5	1.7	5.3	5.7	3.6	2.8	2.9	3.0	3.6	3.3
	1.60	1.57	1.23	1.19	0.98	1.11	1.31	1.20	1.17	1.29	1.43	1.53	1.09
100	4.5	3.8	2.4	1.8	2.1	6.1	6.6	4.3	3.5	3.5	3.6	4.3	4.0
	1.76	1.72	1.35	1.30	1.06	1.18	1.42	1.31	1.28	1.41	1.57	1.67	1.19
200	5.6	4.7	3.0	2.2	2.6	6.9	7.7	5.3	4.2	4.3	4.4	5.3	4.9
	1.69	1.65	1.29	1.25	1.02	1.17	1.38	1.26	1.23	1.35	1.51	1.60	1.19
Freq	12.5	8.8	5.4	4.9	5.0	8.6	10.5	8.2	7.4	7.5	9.4	11.6	100.0

Classe de rugosité 3													
z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	2.0	1.7	0.9	0.9	0.9	3.1	3.1	1.8	1.5	1.5	1.6	2.0	1.8
	1.37	1.33	0.98	1.12	0.80	1.10	1.21	1.05	1.06	1.14	1.26	1.31	1.00
25	2.7	2.2	1.2	1.2	1.3	4.0	4.1	2.3	2.0	2.1	2.2	2.6	2.4
	1.44	1.41	1.04	1.18	0.84	1.12	1.24	1.11	1.12	1.21	1.33	1.38	1.04
50	3.3	2.7	1.5	1.4	1.6	4.8	4.9	2.9	2.5	2.5	2.6	3.2	2.9
	1.56	1.53	1.12	1.27	0.90	1.15	1.30	1.19	1.21	1.31	1.44	1.50	1.09
100	4.0	3.3	1.9	1.8	2.0	5.7	5.8	3.6	3.1	3.1	3.2	3.9	3.6
	1.78	1.74	1.26	1.44	1.01	1.21	1.40	1.35	1.37	1.48	1.63	1.71	1.18
200	4.8	4.0	2.3	2.1	2.5	6.6	6.8	4.3	3.8	3.8	3.9	4.7	4.3
	1.72	1.68	1.22	1.39	0.98	1.23	1.40	1.30	1.31	1.43	1.57	1.65	1.21
Freq	12.4	8.2	5.1	4.8	5.2	9.2	10.6	7.9	7.3	7.7	9.7	11.9	100.0

z	Classe 0		Classe 1		Classe 2		Classe 3	
10	3.6	143	2.6	66	2.3	43	1.8	21
25	4.0	180	3.1	99	2.8	73	2.4	43
50	4.2	212	3.5	127	3.2	100	2.8	67
100	4.6	270	4.1	175	3.8	138	3.4	97
200	5.0	369	5.0	315	4.6	241	4.1	163

Limoges

45° 52' 00" N 01° 11' 00" E UTM 31 E 358987 m N 5080934 m 402 m a.n.m.

Le site se trouve au Sud-Ouest de la France sur le plateau du Limousin, à l'Ouest du Massif Central. Le site d'aérodrome est à 8 km au Nord-Ouest du centre de la ville de Limoges. Le terrain est caractérisé par une végétation dense telle que des petits bois, plusieurs haies et arbres éparpillés sur un terrain ondulant. Il n'y a pas d'obstacles au voisinage immédiat de l'anémomètre.

Sect	z01	x1	z02	x2	z03	x3	z04	x4	z05	x5	z06	Prc	Deg
0	0.01	500	0.30										
30	0.01	350	0.25										
60	0.01	100	0.30										
90	0.01	100	0.25										
120	0.01	100	0.15	2000	0.25								
150	0.01	150	0.15	2000	0.20								
180	0.01	250	0.25										
210	0.01	600	0.05	2500	0.25								
240	0.01	1000	0.20										
270	0.01	350	0.15										
300	0.01	250	0.15										
330	0.01	400	0.30										

Hauteur de l'anémomètre: 11.0 m a.s. Période: 73010100–79123121

Sect	Freq	<1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	10.0	91	167	236	209	154	90	34	14	3	1	0	0	0	0	3.6	2.10
30	13.2	96	186	221	177	135	94	53	19	11	5	2	0	0	0	3.7	1.79
60	9.9	126	229	243	176	113	65	31	10	5	1	0	0	0	0	3.2	1.76
90	7.2	181	270	256	150	86	41	14	2	1	0	0	0	0	0	2.7	1.75
120	4.2	217	324	268	116	41	19	11	4	0	0	0	0	0	0	2.3	1.64
150	6.6	177	286	270	145	60	33	15	5	6	2	0	0	0	0	2.7	1.59
180	8.1	126	249	246	168	117	51	25	10	5	2	0	0	0	0	3.1	1.72
210	9.2	100	171	238	201	126	78	45	26	8	6	1	0	0	0	3.6	1.79
240	8.5	77	107	178	170	153	131	83	50	25	19	6	1	1	0	4.6	1.89
270	9.3	82	92	190	188	168	116	76	43	27	13	5	1	1	0	4.5	1.90
300	8.3	79	126	228	231	167	81	42	29	8	4	4	1	0	0	3.9	1.93
330	5.4	104	154	262	235	135	63	25	15	3	4	1	0	0	0	3.5	2.00
Total	100.0	114	188	232	183	127	77	41	20	9	5	2	0	0	0	3.5	1.70

UTC	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Année
0	3.1	3.2	3.4	3.0	2.5	2.5	2.5	2.2	2.1	2.4	2.8	3.2	2.7
3	3.0	3.2	3.2	2.8	2.1	2.2	2.0	1.9	2.0	2.5	2.8	3.1	2.6
6	3.0	3.2	3.1	2.8	2.2	2.2	1.9	1.7	1.9	2.4	2.7	3.1	2.5
9	3.1	3.5	3.9	3.7	3.0	3.1	2.8	2.7	2.7	2.9	2.9	3.3	3.1
12	3.8	4.4	4.7	4.4	3.8	3.5	3.4	3.3	3.5	3.6	3.9	3.8	3.8
15	3.9	4.4	4.9	4.8	3.8	3.9	3.6	3.6	3.4	3.4	3.7	3.7	3.9
18	3.3	3.4	4.0	4.0	3.4	3.5	3.3	2.9	2.4	2.5	3.0	3.3	3.3
21	3.2	3.4	3.4	3.1	2.6	2.6	2.6	2.5	2.3	2.6	2.9	3.4	2.9
Jour	3.3	3.6	3.8	3.6	2.9	2.9	2.8	2.6	2.5	2.8	3.1	3.4	3.1

Classe de rugosité 0													
z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	5.7	5.9	6.0	5.5	4.5	4.5	5.0	5.3	6.1	6.9	6.6	5.9	5.8
	2.46	2.19	2.06	2.02	1.95	1.85	1.94	2.07	2.07	2.24	2.22	2.29	2.05
25	6.2	6.5	6.6	6.0	4.9	4.9	5.5	5.8	6.7	7.6	7.2	6.5	6.3
	2.54	2.26	2.13	2.08	2.01	1.91	2.00	2.13	2.13	2.31	2.30	2.36	2.11
50	6.7	6.9	7.1	6.5	5.3	5.3	5.9	6.2	7.2	8.2	7.8	7.0	6.8
	2.60	2.32	2.19	2.13	2.06	1.96	2.05	2.19	2.19	2.37	2.36	2.42	2.16
100	7.3	7.5	7.6	7.0	5.8	5.7	6.4	6.8	7.8	8.9	8.4	7.6	7.3
	2.52	2.24	2.12	2.07	1.99	1.90	1.99	2.12	2.12	2.30	2.28	2.35	2.10
200	8.0	8.3	8.4	7.7	6.3	6.3	7.0	7.4	8.6	9.8	9.3	8.4	8.1
	2.39	2.12	2.01	1.96	1.89	1.80	1.88	2.01	2.01	2.18	2.16	2.22	1.99
Freq	8.1	11.9	11.1	8.3	5.5	5.6	7.5	8.9	8.9	8.9	8.6	6.6	100.0

Classe de rugosité 1													
z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	4.0	4.2	4.2	3.6	3.0	3.2	3.6	3.7	4.5	4.9	4.5	4.0	4.0
	2.05	1.79	1.74	1.70	1.62	1.55	1.68	1.76	1.80	1.88	1.88	1.94	1.74
25	4.8	5.0	5.1	4.4	3.6	3.8	4.3	4.4	5.4	5.8	5.4	4.8	4.8
	2.22	1.94	1.87	1.83	1.75	1.68	1.81	1.90	1.94	2.03	2.03	2.09	1.87
50	5.5	5.8	5.9	5.1	4.2	4.4	5.0	5.2	6.3	6.8	6.3	5.6	5.6
	2.49	2.18	2.10	2.06	1.97	1.88	2.04	2.13	2.18	2.28	2.28	2.35	2.09
100	6.5	6.9	7.0	6.0	5.0	5.3	5.9	6.1	7.5	8.0	7.4	6.6	6.6
	2.66	2.32	2.24	2.19	2.10	2.00	2.17	2.27	2.33	2.43	2.43	2.51	2.22
200	8.1	8.5	8.6	7.5	6.2	6.5	7.4	7.6	9.3	10.0	9.2	8.3	8.3
	2.54	2.21	2.14	2.10	2.00	1.91	2.08	2.17	2.22	2.32	2.32	2.39	2.12
Freq	9.3	12.7	10.3	7.7	4.7	6.2	7.9	9.2	8.7	9.1	8.4	5.8	100.0

Classe de rugosité 2													
z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	3.5	3.6	3.7	3.1	2.5	2.8	3.1	3.2	4.1	4.3	3.9	3.5	3.5
	2.04	1.77	1.76	1.69	1.60	1.55	1.67	1.76	1.87	1.88	1.91	1.95	1.74
25	4.3	4.5	4.6	3.8	3.1	3.4	3.9	4.0	5.0	5.3	4.8	4.3	4.3
	2.18	1.90	1.88	1.81	1.71	1.66	1.79	1.88	1.99	2.01	2.04	2.08	1.86
50	5.0	5.3	5.4	4.5	3.7	4.1	4.6	4.7	5.9	6.2	5.7	5.0	5.1
	2.42	2.10	2.08	2.01	1.90	1.84	1.98	2.08	2.21	2.22	2.26	2.31	2.04
100	5.9	6.3	6.4	5.4	4.4	4.8	5.5	5.6	7.0	7.4	6.7	5.9	6.1
	2.65	2.31	2.29	2.20	2.08	2.02	2.17	2.28	2.43	2.44	2.48	2.53	2.23
200	7.3	7.8	7.9	6.7	5.4	6.0	6.7	6.9	8.7	9.1	8.3	7.3	7.5
	2.54	2.21	2.19	2.11	1.99	1.93	2.08	2.19	2.32	2.34	2.38	2.42	2.14
Freq	9.8	13.0	9.9	7.4	4.5	6.4	8.0	9.3	8.6	9.2	8.3	5.6	100.0

Classe de rugosité 3													
z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	2.7	2.9	2.9	2.4	2.0	2.2	2.5	2.6	3.3	3.3	3.0	2.7	2.8
	2.04	1.79	1.76	1.71	1.62	1.56	1.75	1.79	1.88	1.87	1.90	1.99	1.76
25	3.6	3.8	3.8	3.2	2.6	2.9	3.3	3.5	4.3	4.4	4.0	3.6	3.7
	2.17	1.90	1.86	1.81	1.71	1.65	1.85	1.90	1.99	1.98	2.02	2.12	1.86
50	4.4	4.6	4.7	3.8	3.2	3.5	4.1	4.2	5.2	5.3	4.8	4.3	4.4
	2.35	2.06	2.02	1.96	1.86	1.79	2.01	2.06	2.17	2.15	2.19	2.30	2.01
100	5.3	5.6	5.6	4.6	3.9	4.3	4.9	5.1	6.2	6.4	5.8	5.2	5.4
	2.68	2.35	2.30	2.24	2.12	2.03	2.29	2.35	2.47	2.45	2.49	2.62	2.27
200	6.4	6.8	6.9	5.7	4.7	5.3	6.0	6.2	7.6	7.8	7.1	6.3	6.5
	2.58	2.26	2.22	2.15	2.04	1.96	2.21	2.26	2.38	2.36	2.40	2.52	2.19
Freq	10.2	12.8	9.8	7.1	4.4	6.7	8.3	9.1	8.5	9.2	8.1	5.8	100.0

z	Classe 0		Classe 1		Classe 2		Classe 3	
10	5.1	151	3.6	62	3.1	41	2.5	20
25	5.6	193	4.3	98	3.9	72	3.3	43
50	6.0	234	5.0	136	4.5	105	3.9	70
100	6.5	307	5.9	216	5.4	165	4.7	111
200	7.2	436	7.3	432	6.6	322	5.8	207

Lorient

47° 46' 00" N 03° 27' 00" W UTM 30 E 466279 m N 5290567 m 44 m a.n.m.

Le site est localisé au Sud de la côte de Bretagne, 5 km à l'Ouest de la ville de Lorient. La distance la plus courte à la côte est de 5 km dans le secteur Sud-Ouest. Le terrain ondulé est caractérisé par beaucoup de petites forêts, de villages et de terres agricoles avec des ceintures d'obstacles.
L'anémomètre est situé au Nord des pistes sans aucune obstruction à moins de 250 m.

Sect	z01	x1	z02	x2	z03	x3	z04	x4	z05	x5	z06	Prc	Deg
0	0.01	200	0.30										
30	0.01	200	0.15	500	0.03	1500	0.30						
60	0.01	1100	0.30										
90	0.01	1200	0.30										
120	0.01	700	0.30										
150	0.01	700	0.30										
180	0.01	600	0.30										
210	0.01	650	0.30										
240	0.01	1100	0.20										
270	0.01	500	0.30										
300	0.01	300	0.30										
330	0.01	200	0.30										

Hauteur de l'anémomètre: 10.0 m a.s. Période: 70010103-78123121

Sect	Freq	<1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	7.9	44	141	244	232	145	78	63	27	13	10	2	0	0	0	4.0	1.85
30	10.9	30	85	185	184	165	116	87	60	36	41	9	1	0	0	4.9	1.87
60	10.6	22	70	161	193	161	139	99	67	46	39	2	0	0	0	5.2	2.12
90	7.0	43	89	148	195	178	140	95	62	29	17	4	0	0	0	4.9	2.19
120	4.3	54	97	147	154	140	140	118	78	38	32	3	0	0	0	5.2	2.18
150	3.5	68	72	134	133	148	125	107	77	62	60	15	0	0	0	5.6	2.03
180	4.0	50	72	128	139	140	123	98	87	71	60	22	8	3	0	5.8	1.91
210	6.7	36	45	79	109	142	136	126	103	84	87	35	16	2	0	6.7	2.17
240	12.1	22	49	85	108	128	139	137	105	81	89	36	15	3	1	6.8	2.22
270	16.1	29	80	128	148	151	131	106	88	54	57	16	7	2	1	5.7	1.94
300	9.7	45	133	222	179	130	104	65	51	34	28	7	1	1	0	4.4	1.63
330	7.0	63	159	267	218	117	79	44	27	17	7	1	1	0	0	3.7	1.72
Total	100.0	37	90	160	167	146	122	96	70	47	46	13	5	1	0	5.3	1.85

UTC	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Année
0	4.7	4.7	4.1	4.1	3.7	3.6	3.3	3.6	3.6	3.7	4.6	5.0	4.1
3	4.9	4.7	4.1	4.1	3.7	3.4	3.3	3.4	3.6	3.8	4.5	5.0	4.0
6	5.0	4.7	4.2	4.1	3.8	3.5	3.3	3.3	3.5	3.8	4.3	5.0	4.0
9	5.0	4.6	5.0	5.6	5.2	4.8	4.4	4.5	4.6	4.4	4.6	5.2	4.8
12	5.8	6.0	6.2	6.4	6.1	5.6	5.4	5.2	5.6	5.4	5.6	5.8	5.8
15	5.7	6.1	6.2	6.5	6.3	6.0	5.9	5.8	5.6	5.3	5.5	5.5	5.9
18	4.8	4.9	4.8	5.6	5.4	5.4	5.1	4.9	4.2	3.7	4.4	5.0	4.9
21	4.8	4.7	4.2	4.2	3.8	3.9	3.6	3.6	3.7	3.6	4.6	5.1	4.2
Jour	5.1	5.1	4.8	5.1	4.8	4.5	4.3	4.3	4.3	4.2	4.8	5.2	4.7

Classe de rugosité 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	7.0	7.9	7.9	7.5	7.6	8.3	8.9	9.9	10.0	9.4	8.2	7.0	8.3
	2.11	2.15	2.37	2.52	2.52	2.45	2.22	2.37	2.50	2.33	2.07	1.94	2.18
25	7.6	8.6	8.7	8.2	8.3	9.1	9.7	10.8	10.9	10.2	9.0	7.7	9.1
	2.18	2.22	2.44	2.60	2.60	2.53	2.28	2.41	2.55	2.38	2.13	2.00	2.23
50	8.2	9.3	9.3	8.8	8.9	9.8	10.4	11.6	11.6	10.9	9.6	8.2	9.8
	2.23	2.28	2.51	2.67	2.67	2.60	2.34	2.48	2.62	2.44	2.19	2.05	2.29
100	8.9	10.1	10.1	9.5	9.6	10.6	11.1	12.4	12.5	11.8	10.4	8.9	10.5
	2.16	2.21	2.43	2.58	2.58	2.51	2.28	2.43	2.56	2.39	2.13	1.99	2.24
200	9.8	11.1	11.2	10.5	10.6	11.7	12.2	13.5	13.6	12.8	11.4	9.8	11.6
	2.05	2.10	2.30	2.45	2.45	2.38	2.19	2.35	2.47	2.30	2.03	1.88	2.16
Freq	7.6	9.8	10.8	8.5	5.4	3.8	3.8	5.7	10.0	14.3	12.2	8.1	100.0

Classe de rugosité 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	4.9	5.6	5.5	5.2	5.4	5.9	6.3	7.2	7.0	6.4	5.4	4.7	5.8
	1.80	1.83	2.04	2.13	2.12	2.03	1.92	2.13	2.19	1.97	1.69	1.66	1.88
25	5.9	6.7	6.5	6.2	6.5	7.1	7.5	8.5	8.3	7.6	6.5	5.7	7.0
	1.95	1.96	2.20	2.30	2.30	2.19	2.02	2.24	2.30	2.08	1.81	1.79	2.00
50	6.8	7.8	7.6	7.1	7.5	8.2	8.5	9.6	9.4	8.7	7.5	6.6	8.0
	2.19	2.19	2.47	2.59	2.58	2.46	2.20	2.40	2.49	2.26	2.01	2.02	2.20
100	8.1	9.2	8.9	8.4	8.9	9.7	9.9	11.0	10.9	10.1	8.8	7.8	9.4
	2.33	2.33	2.63	2.76	2.74	2.62	2.36	2.58	2.67	2.42	2.15	2.15	2.36
200	10.1	11.3	11.1	10.5	11.1	12.0	11.9	13.0	12.9	12.1	10.8	9.8	11.4
	2.22	2.23	2.52	2.63	2.62	2.50	2.28	2.49	2.58	2.33	2.06	2.05	2.29
Freq	7.8	10.5	10.8	7.6	4.7	3.6	3.9	6.3	11.3	15.4	10.7	7.4	100.0

Classe de rugosité 2

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	4.3	5.0	4.7	4.5	4.8	5.2	5.5	6.3	6.1	5.6	4.6	4.1	5.1
	1.80	1.85	2.08	2.14	2.13	2.03	1.90	2.15	2.20	1.94	1.66	1.68	1.88
25	5.3	6.1	5.8	5.5	5.9	6.4	6.7	7.7	7.4	6.8	5.7	5.1	6.3
	1.93	1.98	2.23	2.29	2.28	2.17	1.99	2.24	2.31	2.03	1.77	1.79	1.99
50	6.2	7.2	6.8	6.4	6.9	7.5	7.8	8.8	8.6	7.9	6.7	6.0	7.3
	2.13	2.17	2.47	2.54	2.53	2.39	2.14	2.37	2.47	2.19	1.94	1.99	2.16
100	7.4	8.5	8.1	7.7	8.3	8.9	9.1	10.2	10.0	9.2	7.9	7.1	8.6
	2.35	2.38	2.71	2.79	2.78	2.62	2.35	2.60	2.71	2.40	2.13	2.18	2.37
200	9.2	10.4	10.1	9.5	10.2	10.9	10.9	12.0	11.9	11.0	9.7	8.8	10.4
	2.24	2.29	2.59	2.67	2.66	2.51	2.27	2.52	2.62	2.31	2.04	2.09	2.31
Freq	7.8	10.8	10.8	7.3	4.5	3.6	4.0	6.5	11.8	15.7	10.1	7.2	100.0

Classe de rugosité 3

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	3.4	3.9	3.7	3.5	3.8	4.1	4.4	4.9	4.7	4.3	3.5	3.2	4.0
	1.85	1.88	2.12	2.17	2.15	2.03	1.93	2.17	2.19	1.94	1.65	1.71	1.90
25	4.5	5.2	4.9	4.6	5.0	5.4	5.7	6.4	6.2	5.7	4.7	4.2	5.3
	1.96	1.99	2.24	2.30	2.28	2.15	2.01	2.25	2.28	2.02	1.75	1.81	1.99
50	5.5	6.2	5.9	5.6	6.1	6.5	6.9	7.6	7.4	6.8	5.7	5.1	6.3
	2.12	2.15	2.44	2.50	2.48	2.32	2.13	2.37	2.41	2.14	1.89	1.97	2.13
100	6.6	7.5	7.1	6.7	7.3	7.8	8.1	9.0	8.7	8.1	6.8	6.2	7.6
	2.42	2.44	2.78	2.85	2.83	2.63	2.35	2.58	2.66	2.38	2.15	2.24	2.38
200	8.1	9.1	8.7	8.2	8.9	9.5	9.7	10.7	10.4	9.6	8.3	7.6	9.1
	2.33	2.35	2.68	2.75	2.72	2.54	2.32	2.58	2.63	2.34	2.07	2.16	2.35
Freq	8.1	11.0	10.4	6.8	4.3	3.5	4.2	7.1	12.3	15.7	9.5	7.1	100.0

z	Classe 0		Classe 1		Classe 2		Classe 3	
10	7.4	434	5.2	173	4.5	114	3.6	55
25	8.1	555	6.2	274	5.5	200	4.7	119
50	8.7	669	7.1	379	6.5	293	5.6	193
100	9.3	859	8.3	576	7.6	444	6.7	301
200	10.3	1174	10.1	1069	9.2	809	8.1	536

Lyon

45° 43' 00" N 04° 57' 00" E UTM 31 E 651768 m N 5064512 m 201 m a.n.m.

Le site se trouve dans le vallée du Rhône, à l'Est de la ville de Lyon. Le terrain environnant et l'aéroport lui même sont relativement plats et dégagés sur une distance de 2.5 km approximativement. Le paysage est dominé par la ville et sa banlieue. L'anémomètre est placé au Sud-Ouest des pistes avec des bâtiments situés dans le secteurs Nord-Est, Sud-Ouest et Ouest.

Sect	z01	x1	z02	x2	z03	x3	z04	x4	z05	x5	z06	Prc	Deg
0	0.01	2250	0.25									-1	
30	0.01	1000	0.07	2200	0.25							-11	
60	0.01	750	0.07	1500	0.30							-8	
90	0.01	750	0.07	1400	0.30								
120	0.01	600	0.15	1400	0.35								
150	0.01	600	0.07	2000	0.20								
180	0.01	200	0.07	1500	0.40							-12	
210	0.01	200	0.05	2000	0.40							-24	
240	0.01	200	0.05	1750	0.10	3000	0.40					-23	
270	0.01	200	0.20	2000	0.60							-7	
300	0.01	250	0.25	2500	0.60							-7	
330	0.01	300	0.25	800	0.05	2000	0.60					-4	

Hauteur de l'anémomètre: 12.0 m a.s. Période: 70041900–79123121

Sect	Freq	< 1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	20.1	109	125	164	171	133	106	73	51	29	26	9	1	1	0	4.4	1.67
30	7.9	256	237	217	145	72	39	17	12	4	1	0	0	0	0	2.6	1.50
60	4.2	441	281	179	76	16	7	1	0	0	0	0	0	0	0	1.6	1.42
90	5.0	404	276	209	72	27	10	1	0	0	0	0	0	0	0	1.8	1.48
120	6.2	331	282	205	108	53	17	3	1	0	0	0	0	0	0	2.1	1.50
150	9.0	237	237	193	122	98	56	29	14	7	6	0	0	0	0	2.8	1.40
180	15.1	142	143	117	109	103	97	78	66	47	59	28	7	2	0	5.1	1.55
210	7.1	274	211	145	84	71	59	46	37	27	27	13	4	1	0	3.0	1.08
240	3.2	464	247	153	60	39	17	11	9	0	1	0	0	0	0	1.7	1.10
270	3.0	542	167	148	69	40	21	6	4	2	1	0	0	0	0	1.5	1.05
300	5.1	293	173	181	154	98	52	30	12	6	2	0	0	0	0	2.9	1.51
330	14.1	123	120	165	182	162	103	58	45	22	17	3	1	0	0	4.3	1.84
Total	100.0	227	184	168	130	98	69	44	33	19	19	7	2	1	0	3.4	1.29

UTC	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Année
0	2.9	2.9	3.1	2.9	2.4	2.1	2.1	1.9	2.1	2.1	2.7	2.5	2.4
3	2.7	2.8	2.7	2.5	2.1	1.9	1.7	1.5	1.9	1.9	2.8	2.4	2.2
6	2.6	2.7	2.6	2.5	2.2	2.0	1.9	1.6	1.8	1.9	2.6	2.3	2.2
9	2.8	3.2	3.4	3.7	3.4	3.1	3.1	2.7	2.9	2.7	2.9	2.6	3.0
12	3.6	4.1	4.4	4.9	4.2	3.8	3.7	3.8	3.9	3.7	3.8	3.3	3.9
15	3.6	4.2	4.8	5.1	4.3	4.2	4.2	4.1	4.2	3.9	3.7	3.1	4.1
18	3.1	3.5	3.8	4.4	3.8	3.8	4.2	3.6	3.2	2.8	3.1	2.8	3.5
21	2.9	3.0	3.3	3.4	2.9	2.6	2.5	2.3	2.5	2.4	3.0	2.6	2.8
Jour	3.0	3.3	3.5	3.7	3.1	2.9	2.9	2.7	2.8	2.7	3.1	2.7	3.0

Classe de rugosité 0													
z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	6.7	5.4	3.5	2.7	3.0	3.8	7.5	7.9	4.8	3.3	4.8	7.1	5.6
	2.05	1.83	1.60	1.69	1.73	1.61	1.41	1.44	1.07	1.26	1.56	2.07	1.36
25	7.3	6.0	3.8	2.9	3.3	4.2	8.2	8.6	5.2	3.6	5.2	7.8	6.2
	2.11	1.89	1.65	1.75	1.78	1.66	1.42	1.45	1.08	1.29	1.61	2.13	1.38
50	7.9	6.4	4.2	3.1	3.5	4.5	8.8	9.2	5.6	3.9	5.6	8.4	6.6
	2.17	1.94	1.69	1.79	1.83	1.70	1.45	1.48	1.11	1.33	1.65	2.19	1.41
100	8.6	7.0	4.5	3.4	3.8	4.9	9.3	9.8	5.9	4.2	6.1	9.1	7.1
	2.10	1.88	1.64	1.74	1.77	1.65	1.44	1.47	1.09	1.29	1.60	2.12	1.40
200	9.4	7.7	4.9	3.7	4.2	5.4	10.0	10.5	6.4	4.6	6.7	10.0	7.8
	1.99	1.78	1.55	1.65	1.68	1.56	1.41	1.44	1.06	1.22	1.52	2.01	1.38
Freq	17.7	12.8	5.8	4.7	5.7	7.8	12.6	10.4	4.9	3.1	4.2	10.3	100.0

Classe de rugosité 1													
z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	4.4	3.3	2.1	1.8	2.1	2.8	6.1	5.0	2.8	2.1	3.5	5.1	3.9
	1.67	1.47	1.31	1.44	1.44	1.37	1.44	1.20	0.95	1.05	1.41	1.78	1.22
25	5.3	4.0	2.6	2.2	2.6	3.4	7.2	5.9	3.4	2.6	4.3	6.1	4.7
	1.80	1.58	1.41	1.54	1.55	1.48	1.48	1.23	1.00	1.12	1.52	1.92	1.28
50	6.2	4.7	3.0	2.6	3.0	3.9	8.1	6.7	4.0	3.1	5.0	7.0	5.4
	2.02	1.77	1.58	1.74	1.74	1.66	1.54	1.28	1.08	1.26	1.71	2.16	1.37
100	7.4	5.6	3.6	3.1	3.6	4.7	9.2	7.7	4.7	3.7	6.0	8.4	6.4
	2.15	1.89	1.68	1.85	1.85	1.76	1.65	1.37	1.16	1.33	1.82	2.30	1.47
200	9.2	7.0	4.4	3.8	4.4	5.8	10.6	8.7	5.6	4.6	7.4	10.4	7.8
	2.06	1.80	1.61	1.76	1.76	1.69	1.61	1.33	1.12	1.27	1.74	2.20	1.48
Freq	19.4	9.7	4.9	4.9	6.0	8.6	13.9	8.4	4.0	3.0	4.7	12.6	100.0

Classe de rugosité 2													
z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	3.9	2.8	1.7	1.6	1.9	2.5	5.6	4.1	2.3	1.9	3.2	4.4	3.4
	1.69	1.48	1.35	1.44	1.47	1.39	1.50	1.14	0.99	1.06	1.44	1.78	1.23
25	4.8	3.4	2.2	2.0	2.4	3.1	6.8	5.0	2.9	2.4	4.0	5.5	4.2
	1.81	1.58	1.44	1.54	1.57	1.48	1.54	1.17	1.06	1.13	1.54	1.91	1.28
50	5.6	4.0	2.6	2.4	2.8	3.7	7.7	5.8	3.5	2.8	4.7	6.4	5.0
	2.00	1.74	1.59	1.70	1.74	1.64	1.60	1.21	1.16	1.24	1.71	2.11	1.36
100	6.7	4.8	3.1	2.9	3.4	4.4	8.9	6.7	4.3	3.5	5.6	7.7	5.9
	2.20	1.91	1.75	1.86	1.91	1.80	1.71	1.28	1.27	1.35	1.87	2.32	1.47
200	8.3	6.0	3.8	3.5	4.2	5.4	10.2	7.6	5.3	4.2	6.9	9.5	7.2
	2.10	1.83	1.67	1.78	1.83	1.72	1.69	1.27	1.22	1.30	1.79	2.22	1.49
Freq	20.0	8.6	4.5	5.0	6.1	8.8	14.4	7.7	3.6	3.0	4.9	13.4	100.0

Classe de rugosité 3													
z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	3.0	2.0	1.3	1.3	1.6	2.1	4.5	3.0	1.6	1.5	2.7	3.5	2.7
	1.69	1.47	1.41	1.46	1.49	1.24	1.54	1.07	1.10	1.05	1.51	1.78	1.24
25	4.0	2.7	1.7	1.7	2.1	2.7	5.8	3.8	2.2	2.0	3.5	4.6	3.6
	1.79	1.55	1.49	1.54	1.57	1.31	1.57	1.09	1.15	1.11	1.60	1.89	1.28
50	4.8	3.3	2.1	2.1	2.6	3.3	6.9	4.6	2.7	2.5	4.3	5.5	4.3
	1.94	1.69	1.62	1.68	1.71	1.42	1.62	1.12	1.25	1.20	1.74	2.05	1.35
100	5.8	4.0	2.5	2.6	3.1	4.1	8.1	5.4	3.3	3.1	5.2	6.7	5.2
	2.21	1.92	1.84	1.91	1.94	1.62	1.72	1.17	1.42	1.36	1.98	2.34	1.46
200	7.1	4.8	3.1	3.1	3.8	5.0	9.4	6.3	4.0	3.7	6.4	8.1	6.3
	2.13	1.85	1.77	1.84	1.87	1.56	1.75	1.20	1.37	1.31	1.91	2.26	1.49
Freq	19.2	7.7	4.3	5.1	6.4	8.9	14.7	7.0	3.2	3.1	5.6	14.8	100.0

z	Classe 0		Classe 1		Classe 2		Classe 3	
10	5.1	265	3.6	114	3.2	75	2.5	36
25	5.6	336	4.3	175	3.9	128	3.3	76
50	6.0	398	5.0	233	4.5	182	3.9	121
100	6.5	504	5.8	331	5.4	261	4.7	182
200	7.1	679	7.0	588	6.5	454	5.7	307

Millau

44° 07' 00'' N 03° 01' 00'' E UTM 31 E 501333 m N 4884920 m 720 m a.n.m.

La station est située au Sud du Massif central dans la vallée de la rivière Tarn, 6 km au Nord-Ouest de la ville de Millau. Le terrain dans les secteurs allant du Sud-Ouest au Nord-Est est plutôt accidenté avec de raides escarpements s'élevant du fond de la vallée. En général le terrain a une apparence complexe avec de fortes variations d'altitude et des régions boisées.

L'anémomètre est situé au sommet d'une colline près des versants Nord et Ouest. Ces versants ont une pente de 150 m sur 500 m environ. La colline est orientée Sud Ouest-Nord Est avec la pente Sud-Ouest située à 2.5 km. A l'Est, la pente n'est pas aussi abrupte mais elle est de 80 m sur 1000 m en moyenne. Il y a sur le site des constructions situées entre 40 et 70 m de l'anémomètre dans le secteur Est.

Sect	z01	x1	z02	x2	z03	x3	z04	x4	z05	x5	z06	Prc	Deg
0	0.25											60	-7
30	0.25											41	-5
60	0.20											35	3
90	0.05	100	0.20	200	0.07	1800	0.25					30	6
120	0.07	2500	0.30									56	4
150	0.07	2000	0.25									60	-2
180	0.07	900	0.30									49	-6
210	0.07	500	0.30									36	-5
240	0.20											35	3
270	0.20											50	7
300	0.20											67	4
330	0.20											70	-2

Hauteur de l'anémomètre: 10.0 m a.s. Période: 70010103-79123121

Sect	Freq	< 1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	15.2	33	56	75	81	84	101	109	120	107	131	61	26	11	4	7.8	2.31
30	11.5	64	126	138	120	101	88	76	74	63	82	37	20	7	5	5.9	1.54
60	8.8	85	191	232	150	106	66	53	40	30	31	13	4	0	0	3.9	1.34
90	3.9	140	259	262	163	81	41	20	17	5	10	0	1	1	0	3.0	1.42
120	5.4	83	159	176	153	106	79	55	38	44	56	27	12	6	8	4.6	1.23
150	10.4	38	69	97	98	125	106	105	94	70	112	50	17	11	8	7.0	1.85
180	7.8	47	75	89	94	101	121	111	94	82	101	43	23	9	10	7.0	1.86
210	3.6	116	178	180	186	117	81	39	41	26	24	8	2	1	2	3.9	1.41
240	5.3	75	180	230	204	145	82	41	21	12	7	2	1	2	0	3.8	1.71
270	6.5	66	143	159	161	126	113	73	63	40	33	14	5	3	1	4.8	1.61
300	8.4	47	76	108	101	101	121	111	82	72	100	43	23	8	6	6.7	1.85
330	13.3	30	45	54	73	92	104	114	118	106	141	74	26	11	11	8.1	2.25
Total	100.0	58	109	130	117	104	96	86	79	67	85	39	17	7	5	6.1	1.65

UTC	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Année
0	5.3	5.7	5.5	5.8	4.7	4.2	4.2	3.9	4.2	4.7	4.7	5.0	4.8
3	5.4	5.8	5.4	5.5	4.5	3.9	3.9	4.0	4.0	4.7	4.6	4.7	4.7
6	4.7	5.9	5.1	5.3	4.5	3.8	3.6	3.4	3.8	4.5	4.6	4.7	4.5
9	4.8	6.0	5.6	6.5	5.6	4.8	4.5	4.3	4.3	4.8	4.5	4.8	5.0
12	5.3	6.9	7.0	7.8	6.7	5.9	5.8	5.8	5.4	6.3	5.4	5.4	6.2
15	6.0	7.4	7.7	8.1	7.1	6.5	6.6	6.5	6.1	6.6	6.0	5.8	6.7
18	5.4	6.5	6.8	7.4	6.5	6.2	6.2	5.9	5.4	5.6	5.3	5.4	6.0
21	5.3	6.2	6.1	6.1	5.2	5.0	5.0	4.7	4.7	5.0	5.0	5.1	5.3
Jour	5.3	6.3	6.2	6.5	5.6	5.0	5.0	4.8	4.7	5.3	5.0	5.1	5.4

Classe de rugosité 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	9.1	8.9	6.8	4.8	4.8	6.8	7.7	7.1	5.6	5.9	7.1	8.4	7.3
	2.66	2.18	1.63	1.46	1.44	1.99	2.17	1.91	1.75	1.82	2.07	2.51	1.90
25	10.0	9.8	7.4	5.3	5.3	7.4	8.4	7.8	6.1	6.5	7.8	9.2	8.0
	2.74	2.22	1.67	1.51	1.48	2.06	2.24	1.97	1.80	1.88	2.14	2.59	1.95
50	10.7	10.4	8.0	5.8	5.7	8.0	9.1	8.4	6.6	7.0	8.4	9.9	8.6
	2.81	2.29	1.72	1.54	1.52	2.11	2.30	2.02	1.85	1.93	2.19	2.66	2.00
100	11.6	11.2	8.6	6.2	6.2	8.7	9.8	9.1	7.2	7.6	9.1	10.7	9.3
	2.73	2.24	1.67	1.50	1.47	2.05	2.22	1.96	1.79	1.87	2.13	2.57	1.95
200	12.8	12.3	9.4	6.8	6.8	9.6	10.9	10.1	7.9	8.4	10.0	11.9	10.2
	2.60	2.15	1.60	1.42	1.39	1.94	2.10	1.85	1.70	1.77	2.01	2.44	1.87
Freq	12.7	13.8	11.4	6.7	4.7	7.3	8.1	5.9	5.7	6.9	7.3	9.5	100.0

Classe de rugosité 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	6.5	6.1	4.1	3.1	3.4	4.9	5.5	4.5	3.8	4.3	5.1	6.0	5.1
	2.26	1.76	1.32	1.20	1.24	1.78	1.83	1.47	1.55	1.57	1.81	2.19	1.65
25	7.7	7.3	5.0	3.8	4.2	5.9	6.6	5.5	4.6	5.2	6.1	7.2	6.1
	2.42	1.85	1.42	1.29	1.34	1.92	1.98	1.58	1.67	1.69	1.95	2.36	1.76
50	8.8	8.3	5.8	4.5	4.9	6.8	7.6	6.4	5.3	6.0	7.1	8.3	7.1
	2.69	2.00	1.59	1.44	1.50	2.17	2.23	1.77	1.88	1.90	2.19	2.65	1.93
100	10.4	9.6	6.9	5.3	5.9	8.1	9.1	7.6	6.3	7.2	8.4	9.8	8.3
	2.87	2.15	1.69	1.53	1.60	2.30	2.37	1.89	2.00	2.03	2.34	2.83	2.06
200	12.8	11.4	8.6	6.6	7.3	10.1	11.3	9.4	7.8	8.9	10.5	12.2	10.3
	2.75	2.07	1.62	1.47	1.52	2.20	2.26	1.81	1.91	1.94	2.23	2.70	1.99
Freq	13.5	13.8	10.5	5.3	4.9	8.2	7.8	5.2	6.1	7.0	7.4	10.3	100.0

Classe de rugosité 2

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	5.7	5.3	3.4	2.7	3.0	4.3	4.8	3.8	3.3	3.8	4.5	5.3	4.4
	2.28	1.72	1.32	1.24	1.26	1.82	1.85	1.42	1.58	1.58	1.83	2.20	1.65
25	6.9	6.4	4.3	3.4	3.8	5.4	6.0	4.7	4.0	4.7	5.6	6.5	5.5
	2.42	1.79	1.41	1.32	1.34	1.95	1.98	1.52	1.69	1.69	1.96	2.36	1.75
50	8.1	7.5	5.1	4.1	4.5	6.3	7.0	5.6	4.8	5.6	6.5	7.6	6.4
	2.64	1.92	1.56	1.46	1.48	2.16	2.19	1.68	1.86	1.87	2.17	2.62	1.90
100	9.5	8.7	6.1	4.9	5.4	7.5	8.4	6.7	5.7	6.7	7.8	9.0	7.6
	2.90	2.10	1.71	1.60	1.62	2.37	2.40	1.84	2.05	2.06	2.38	2.87	2.07
200	11.6	10.3	7.5	6.0	6.7	9.3	10.3	8.3	7.0	8.2	9.6	11.2	9.3
	2.79	2.03	1.64	1.53	1.55	2.27	2.30	1.76	1.96	1.97	2.28	2.75	2.01
Freq	13.7	13.9	10.1	4.7	4.9	8.5	7.7	5.0	6.3	7.1	7.4	10.6	100.0

Classe de rugosité 3

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	4.4	4.1	2.6	2.0	2.6	3.5	3.8	2.9	2.6	3.1	3.7	4.2	3.5
	2.25	1.67	1.35	1.18	1.35	1.84	1.85	1.41	1.63	1.63	1.90	2.22	1.67
25	5.8	5.3	3.4	2.7	3.4	4.6	5.0	3.8	3.4	4.1	4.8	5.5	4.6
	2.37	1.74	1.42	1.25	1.43	1.96	1.96	1.49	1.73	1.73	2.01	2.35	1.75
50	7.0	6.3	4.2	3.3	4.2	5.5	6.1	4.7	4.2	5.0	5.8	6.6	5.6
	2.55	1.83	1.54	1.35	1.55	2.12	2.12	1.62	1.88	1.88	2.19	2.56	1.87
100	8.3	7.5	5.1	4.1	5.1	6.7	7.3	5.7	5.0	6.0	7.0	7.9	6.7
	2.88	2.01	1.75	1.53	1.76	2.42	2.42	1.84	2.13	2.13	2.49	2.91	2.08
200	10.1	9.0	6.2	5.0	6.2	8.1	8.9	7.0	6.2	7.3	8.6	9.7	8.1
	2.79	2.00	1.69	1.48	1.70	2.33	2.33	1.77	2.06	2.06	2.40	2.81	2.04
Freq	13.9	13.9	9.6	4.4	5.2	8.5	7.5	4.9	6.6	7.1	7.6	10.9	100.0

z	Classe 0		Classe 1		Classe 2		Classe 3	
10	6.5	337	4.6	137	4.0	90	3.1	44
25	7.1	431	5.4	215	4.9	158	4.1	94
50	7.6	519	6.3	297	5.7	229	4.9	152
100	8.3	674	7.4	458	6.8	351	5.9	236
200	9.1	939	9.1	886	8.3	662	7.2	431

Mont Aigoual

44° 07' 00" N 03° 35' 00" E UTM 31 E 546678 m N 4885085 m 1565 m a.n.m.

La station est située au sommet de l'Aigoual, dans le Sud-Est du Massif Central. Le terrain est complexe dans tous les secteurs. Le plateau au sommet où le site est localisé est orienté Est-Ouest. La pente la plus raide se situe au Sud – approximativement de 600 m pour 1000 m. Vers le Nord-Est, la pente est de 200 m sur 750 m environ. La région est recouverte de forêts.

Sect	z01	x1	z02	x2	z03	x3	z04	x4	z05	x5	z06	Prc	Deg
0	0.03	240	0.10									201	5
30	0.03	200	0.10									186	-13
60	0.03	240	0.10									109	-26
90	0.05	250	0.10									24	-12
120	0.05	200	0.10									58	24
150	0.05	100	0.10									153	21
180	0.05	100	0.10									206	5
210	0.03	200	0.10									186	-13
240	0.03	300	0.10									108	-25
270	0.03	1000	0.10									23	-11
300	0.03	1000	0.10									54	23
330	0.03	500	0.10									145	21

Hauteur de l'anémomètre: 11.5 m a.s. Période: 70010103–79123121

Sect	Freq	<1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	18.4	18	13	24	28	34	40	46	37	49	88	97	90	104	333	16.0	2.32
30	3.6	102	40	91	80	94	83	82	66	51	94	55	38	36	87	7.9	1.29
60	1.6	279	50	100	113	106	89	50	85	46	48	16	14	4	2	4.8	1.39
90	1.4	330	48	115	120	107	74	81	31	31	38	16	10	0	0	4.1	1.34
120	1.5	259	43	101	74	92	87	78	74	49	58	35	29	11	8	5.7	1.28
150	8.8	43	20	34	38	37	52	52	50	49	107	97	96	67	255	14.1	1.66
180	18.6	23	19	34	47	55	50	59	47	54	102	87	80	76	269	14.3	1.61
210	3.3	132	48	84	102	98	80	79	78	52	81	56	24	20	63	7.2	1.15
240	2.1	194	55	98	97	82	82	72	68	48	87	38	38	13	30	6.3	1.31
270	3.3	148	36	68	69	69	72	65	50	56	107	79	45	44	93	8.9	1.37
300	13.0	33	17	34	37	42	49	55	51	49	119	99	80	93	242	13.8	1.95
330	24.4	19	9	19	20	24	34	38	42	43	97	106	110	121	317	16.1	2.54
Total	100.0	50	20	38	42	46	49	53	48	49	97	90	82	85	252	13.9	1.80

UTC	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Année
0	14.5	15.6	13.5	13.3	11.9	10.4	10.4	10.1	10.7	12.6	13.2	13.3	12.4
3	14.5	15.5	13.3	13.4	11.9	10.1	10.4	10.0	10.9	12.5	13.2	13.1	12.4
6	15.4	16.2	13.7	13.8	11.6	9.8	10.5	10.3	10.7	13.1	13.7	13.9	12.7
9	14.9	15.7	12.8	12.3	10.4	8.1	8.3	8.3	8.9	11.9	13.0	13.8	11.5
12	14.7	15.2	12.6	11.9	10.3	8.2	8.5	8.2	8.4	11.6	11.9	13.3	11.2
15	14.5	14.8	12.6	12.0	10.6	8.7	8.7	8.9	8.8	11.1	12.1	13.3	11.3
18	15.4	15.5	13.2	12.5	10.7	9.1	9.3	9.2	10.0	12.3	13.2	13.9	12.0
21	15.2	15.3	14.0	13.5	11.7	10.2	10.2	10.0	10.7	12.8	13.4	13.4	12.5
Jour	14.9	15.5	13.2	12.8	11.1	9.3	9.5	9.4	9.9	12.2	12.9	13.5	12.0

Classe de rugosité 0													
z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	9.0	7.8	6.3	5.8	11.4	9.6	7.9	6.9	5.8	10.7	14.1	11.6	10.4
	2.68	2.37	1.65	1.52	1.45	1.57	1.80	1.68	1.40	1.39	2.31	2.12	1.69
25	9.8	8.6	6.9	6.4	12.4	10.5	8.6	7.6	6.3	11.7	15.4	12.6	11.3
	2.76	2.45	1.71	1.56	1.45	1.59	1.84	1.73	1.44	1.39	2.33	2.14	1.71
50	10.5	9.2	7.5	6.9	13.2	11.2	9.2	8.1	6.8	12.4	16.3	13.4	12.1
	2.84	2.51	1.75	1.61	1.46	1.61	1.89	1.77	1.48	1.40	2.35	2.18	1.73
100	11.4	10.0	8.1	7.5	13.9	11.9	9.9	8.8	7.3	13.2	17.3	14.3	12.9
	2.75	2.43	1.69	1.56	1.47	1.61	1.85	1.73	1.44	1.41	2.36	2.17	1.74
200	12.6	11.1	8.9	8.2	14.8	12.7	10.8	9.6	7.9	13.9	18.5	15.3	13.8
	2.61	2.30	1.60	1.48	1.46	1.58	1.77	1.65	1.38	1.40	2.33	2.13	1.73
Freq	10.1	5.0	3.1	2.6	6.3	9.7	8.8	5.0	3.1	5.6	21.5	19.4	100.0

Classe de rugosité 1													
z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	5.9	5.2	4.0	4.0	8.8	6.4	5.3	4.6	3.7	8.4	10.3	7.5	7.4
	2.26	1.82	1.27	1.31	1.47	1.54	1.59	1.37	1.18	1.44	2.26	2.10	1.58
25	7.1	6.3	4.8	4.9	10.2	7.6	6.3	5.5	4.5	9.8	11.9	8.8	8.7
	2.44	1.96	1.37	1.41	1.48	1.60	1.69	1.46	1.26	1.46	2.30	2.18	1.63
50	8.2	7.3	5.6	5.7	11.3	8.6	7.3	6.4	5.3	10.9	13.3	9.9	9.8
	2.75	2.20	1.52	1.58	1.51	1.67	1.86	1.60	1.38	1.48	2.35	2.31	1.70
100	9.7	8.6	6.7	6.8	12.6	9.7	8.5	7.5	6.3	12.1	14.8	11.3	11.2
	2.93	2.35	1.62	1.68	1.55	1.79	1.99	1.71	1.48	1.52	2.46	2.49	1.81
200	12.1	10.8	8.3	8.5	13.9	11.1	10.3	9.1	7.6	13.4	16.5	13.2	12.9
	2.80	2.24	1.55	1.60	1.56	1.74	1.91	1.64	1.42	1.53	2.45	2.41	1.86
Freq	8.6	4.0	2.9	2.6	7.4	10.4	8.2	3.9	2.9	6.5	26.3	16.3	100.0

Classe de rugosité 2													
z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	5.1	4.5	3.3	3.5	7.7	5.4	4.5	4.0	3.2	7.5	8.9	6.1	6.5
	2.28	1.77	1.24	1.31	1.49	1.59	1.59	1.36	1.17	1.48	2.28	2.28	1.59
25	6.3	5.6	4.2	4.4	9.2	6.6	5.6	4.9	4.0	9.1	10.7	7.5	7.9
	2.44	1.89	1.33	1.40	1.50	1.64	1.69	1.43	1.24	1.49	2.31	2.39	1.63
50	7.3	6.6	5.0	5.2	10.5	7.6	6.6	5.8	4.7	10.3	12.1	8.6	9.0
	2.70	2.09	1.46	1.54	1.52	1.72	1.84	1.55	1.35	1.52	2.36	2.56	1.69
100	8.7	7.8	6.0	6.3	11.8	8.8	7.8	6.9	5.7	11.6	13.7	10.1	10.4
	2.96	2.30	1.60	1.70	1.56	1.87	2.02	1.70	1.48	1.56	2.46	2.81	1.80
200	10.8	9.6	7.4	7.7	13.2	10.3	9.4	8.3	6.9	12.9	15.4	12.0	12.1
	2.83	2.20	1.53	1.62	1.59	1.82	1.94	1.63	1.42	1.58	2.48	2.72	1.87
Freq	7.8	3.7	2.9	2.6	8.0	10.6	7.8	3.6	2.9	6.9	28.3	15.0	100.0

Classe de rugosité 3													
z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	4.0	3.5	2.7	3.3	5.8	4.2	3.5	3.1	2.8	6.2	6.8	4.7	5.1
	2.26	1.71	1.27	1.15	1.46	1.61	1.59	1.34	1.05	1.65	2.22	2.36	1.59
25	5.2	4.6	3.6	4.3	7.4	5.5	4.7	4.1	3.7	8.0	8.8	6.1	6.6
	2.40	1.81	1.35	1.18	1.48	1.66	1.67	1.40	1.08	1.66	2.25	2.47	1.63
50	6.3	5.5	4.4	5.1	8.7	6.5	5.7	4.9	4.4	9.4	10.3	7.3	7.8
	2.60	1.96	1.46	1.21	1.49	1.73	1.79	1.49	1.11	1.69	2.29	2.63	1.68
100	7.6	6.7	5.4	6.0	10.1	7.7	6.8	5.9	5.2	10.8	12.0	8.7	9.2
	2.97	2.23	1.66	1.27	1.53	1.87	2.03	1.67	1.16	1.73	2.37	2.95	1.77
200	9.3	8.2	6.5	7.0	11.5	9.1	8.2	7.1	6.1	12.4	13.7	10.5	10.7
	2.86	2.15	1.60	1.29	1.57	1.88	1.96	1.63	1.18	1.77	2.43	2.88	1.83
Freq	7.3	3.6	2.7	3.3	8.6	10.1	7.2	3.5	3.1	9.4	27.6	13.7	100.0

z	Classe 0		Classe 1		Classe 2		Classe 3	
10	9.3	1122	6.7	453	5.8	297	4.5	142
25	10.1	1433	7.8	704	7.0	514	5.9	302
50	10.7	1705	8.8	950	8.1	736	7.0	482
100	11.5	2057	9.9	1284	9.2	1032	8.2	726
200	12.3	2573	11.5	1913	10.7	1548	9.5	1109

Mont de Marsan

43° 55' 00" N 00° 30' 00" E UTM 31 E 299272 m N 4865744 m 63 m a.n.m.

Le site se trouve au Sud de la France, à 90 km au Nord des pieds des Pyrénées et 70 km à l'Est de l'Océan Atlantique. Toute la région est plate et très boisée. La station est située à 2 km au Nord de la ville de Mont de Marsan qui s'étend sur tous les côtés du site.
L'anémomètre est installé au Sud de la piste avec beaucoup de constructions situées dans les secteurs Est-Sud-Est à Sud-Ouest.

Sect	z01	x1	z02	x2	z03	x3	z04	x4	z05	x5	z06	Prc	Deg
0	0.01	600	0.60										
30	0.01	1100	0.60										
60	0.01	1200	0.60										
90	0.01	800	0.60										
120	0.01	200	0.15	1000	0.45								
150	0.01	150	0.45										
180	0.01	100	0.50										
210	0.01	100	0.50										
240	0.01	200	0.50										
270	0.01	750	0.10	2000	0.40								
300	0.01	800	0.60										
330	0.01	600	0.60										

Hauteur de l'anémomètre: 10.0 m a.s. Période: 70010103–79123121

Sect	Freq	< 1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	4.8	504	176	145	86	48	19	9	11	2	0	0	0	0	0	1.7	1.09
30	5.5	505	194	144	88	49	12	6	0	2	0	0	0	0	0	1.6	1.15
60	8.7	393	263	176	103	41	15	8	2	0	0	0	0	0	0	1.9	1.34
90	13.6	280	265	209	136	70	30	7	2	1	0	0	0	0	0	2.4	1.54
120	7.1	392	211	177	116	62	29	9	3	0	0	0	0	0	0	2.1	1.35
150	3.7	655	163	96	52	26	7	0	1	0	0	0	0	0	0	1.0	0.92
180	3.6	645	167	121	40	17	5	3	2	0	0	0	0	0	0	1.0	0.94
210	5.9	442	208	166	99	38	26	12	6	1	2	1	0	0	0	1.9	1.16
240	12.9	252	200	193	149	97	53	27	17	6	4	0	1	0	0	2.9	1.46
270	16.8	224	177	156	126	115	80	53	33	23	12	1	0	1	0	3.5	1.44
300	11.6	280	170	163	124	97	72	45	25	13	10	2	0	0	0	3.1	1.36
330	5.9	422	180	142	101	77	42	22	10	3	1	0	0	0	0	2.2	1.19
Total	100.0	353	203	167	114	74	42	23	13	7	4	0	0	0	0	2.4	1.24

UTC	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Année
0	1.6	1.6	1.6	1.8	1.9	1.3	1.2	1.2	1.0	1.3	1.4	1.6	1.5
3	1.6	1.6	1.6	1.5	1.6	1.1	1.0	0.9	0.9	1.2	1.4	1.5	1.3
6	1.6	1.8	1.5	1.5	1.5	1.2	0.9	1.0	1.0	1.3	1.4	1.6	1.3
9	1.8	2.0	2.3	2.6	2.6	2.3	2.0	2.0	1.6	1.8	1.6	1.7	2.0
12	2.6	3.2	3.5	3.6	3.3	2.8	2.9	2.9	2.7	2.5	2.6	2.3	2.9
15	2.7	3.6	3.9	4.3	3.7	3.2	3.3	3.3	2.9	2.7	2.6	2.4	3.2
18	1.8	2.5	2.9	3.8	3.6	3.5	3.1	3.0	2.1	1.7	1.6	1.8	2.6
21	1.6	1.8	1.9	2.3	2.2	2.1	1.9	1.7	1.3	1.4	1.5	1.7	1.8
Jour	1.9	2.3	2.4	2.7	2.5	2.2	2.0	2.0	1.7	1.7	1.7	1.8	2.1

Classe de rugosité 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	3.2	2.7	2.9	3.5	3.7	3.2	2.2	3.7	5.3	5.6	5.2	4.4	4.1
	1.33	1.32	1.51	1.72	1.68	1.39	1.08	1.24	1.62	1.74	1.65	1.50	1.43
25	3.6	3.0	3.2	3.8	4.1	3.5	2.5	4.0	5.8	6.1	5.7	4.8	4.5
	1.37	1.36	1.56	1.77	1.73	1.44	1.11	1.27	1.67	1.79	1.70	1.55	1.47
50	3.8	3.3	3.4	4.1	4.4	3.8	2.7	4.3	6.3	6.6	6.1	5.2	4.9
	1.40	1.39	1.60	1.81	1.77	1.47	1.13	1.31	1.72	1.84	1.74	1.59	1.50
100	4.1	3.5	3.7	4.5	4.7	4.1	2.8	4.7	6.8	7.1	6.6	5.6	5.3
	1.36	1.35	1.55	1.76	1.72	1.42	1.10	1.27	1.67	1.78	1.69	1.54	1.46
200	4.5	3.8	4.1	4.9	5.2	4.5	3.1	5.1	7.5	7.8	7.3	6.2	5.8
	1.29	1.28	1.47	1.67	1.63	1.35	1.04	1.21	1.58	1.69	1.60	1.46	1.40
Freq	5.3	5.1	7.1	11.2	10.4	5.4	3.6	4.7	9.5	15.1	14.0	8.6	100.0

Classe de rugosité 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	2.0	1.8	2.0	2.6	2.6	1.9	1.7	2.7	3.8	3.8	3.5	2.8	2.8
	1.10	1.13	1.29	1.49	1.39	1.09	1.01	1.10	1.41	1.45	1.37	1.23	1.24
25	2.5	2.2	2.5	3.1	3.2	2.3	2.1	3.3	4.5	4.6	4.2	3.4	3.4
	1.17	1.22	1.39	1.61	1.50	1.17	1.08	1.19	1.52	1.56	1.47	1.32	1.32
50	3.0	2.6	2.9	3.6	3.7	2.8	2.5	3.9	5.3	5.3	5.0	4.0	4.0
	1.31	1.36	1.56	1.81	1.68	1.31	1.21	1.33	1.71	1.75	1.65	1.48	1.46
100	3.6	3.2	3.4	4.3	4.4	3.3	3.0	4.7	6.3	6.3	5.9	4.8	4.8
	1.39	1.45	1.65	1.92	1.79	1.39	1.28	1.41	1.82	1.87	1.75	1.58	1.54
200	4.4	3.9	4.3	5.3	5.4	4.1	3.7	5.8	7.8	7.9	7.3	5.9	6.0
	1.33	1.38	1.58	1.84	1.71	1.33	1.23	1.35	1.74	1.78	1.67	1.51	1.48
Freq	5.0	5.3	7.9	12.4	8.6	4.5	3.6	5.3	11.3	16.2	12.7	7.2	100.0

Classe de rugosité 2

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	1.8	1.6	1.8	2.2	2.3	1.6	1.6	2.4	3.3	3.3	3.0	2.3	2.5
	1.10	1.13	1.32	1.50	1.35	1.08	1.04	1.13	1.42	1.44	1.36	1.21	1.24
25	2.2	2.0	2.2	2.8	2.8	2.0	2.0	3.1	4.1	4.1	3.8	2.9	3.1
	1.17	1.21	1.41	1.60	1.44	1.14	1.11	1.21	1.52	1.54	1.46	1.29	1.31
50	2.7	2.4	2.7	3.3	3.3	2.4	2.4	3.7	4.9	4.8	4.5	3.4	3.7
	1.28	1.33	1.56	1.77	1.60	1.26	1.22	1.33	1.68	1.71	1.61	1.42	1.44
100	3.2	2.8	3.2	3.9	4.0	2.9	2.9	4.4	5.8	5.8	5.4	4.2	4.4
	1.40	1.46	1.71	1.94	1.75	1.38	1.33	1.45	1.85	1.87	1.76	1.56	1.55
200	3.9	3.5	3.9	4.8	4.9	3.6	3.5	5.4	7.2	7.1	6.7	5.1	5.4
	1.35	1.40	1.64	1.86	1.67	1.32	1.27	1.39	1.77	1.79	1.69	1.49	1.50
Freq	4.9	5.4	8.3	12.9	7.9	4.2	3.6	5.5	12.0	16.6	12.2	6.6	100.0

Classe de rugosité 3

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	1.4	1.3	1.5	1.8	1.8	1.0	1.1	2.0	2.6	2.6	2.4	1.7	2.0
	1.10	1.17	1.38	1.57	1.36	0.93	0.97	1.15	1.45	1.45	1.37	1.21	1.25
25	1.8	1.7	2.0	2.4	2.4	1.3	1.5	2.6	3.5	3.4	3.2	2.3	2.6
	1.16	1.23	1.46	1.67	1.44	0.98	1.02	1.21	1.54	1.54	1.44	1.28	1.31
50	2.3	2.0	2.4	3.0	3.0	1.6	1.9	3.2	4.3	4.2	3.9	2.8	3.2
	1.25	1.33	1.58	1.81	1.56	1.05	1.10	1.31	1.67	1.67	1.56	1.38	1.41
100	2.8	2.5	2.9	3.6	3.6	2.1	2.4	4.0	5.2	5.1	4.7	3.5	3.9
	1.42	1.51	1.80	2.06	1.77	1.19	1.24	1.49	1.90	1.90	1.78	1.57	1.58
200	3.4	3.1	3.5	4.4	4.4	2.5	2.9	4.8	6.3	6.2	5.8	4.2	4.8
	1.37	1.46	1.74	1.98	1.71	1.15	1.20	1.43	1.83	1.83	1.71	1.51	1.53
Freq	4.8	5.5	8.7	13.5	7.0	3.7	3.6	5.8	13.1	16.9	11.5	5.9	100.0

z	Classe 0		Classe 1		Classe 2		Classe 3	
10	3.8	94	2.6	42	2.3	28	1.8	13
25	4.1	118	3.2	64	2.8	47	2.4	28
50	4.4	142	3.7	85	3.3	66	2.9	44
100	4.8	189	4.3	131	4.0	100	3.5	67
200	5.3	275	5.4	268	4.9	197	4.3	127

Nantes

47° 10' 00" N 01° 37' 00" W UTM 30 E 604845 m N 5224714 m 27 m a.n.m.

Le site se trouve dans la vallée de la Loire, à 7 km au Sud-Ouest du centre de la ville de Nantes, avec une banlieue qui est presque attenante aux limites de l'aéroport entre le secteur Nord-Ouest et le secteur Est en passant par le Nord. Le terrain est plat mais a une apparence fermé avec de petits champs, des haies, des arbres et de petites forêts. L'anémomètre est installé au Nord des pistes, avec des lignes d'arbres situées à 200 m au Nord.

Sect	z01	x1	z02	x2	z03	x3	z04	x4	z05	x5	z06	Prc	Deg
0	0.01	200	0.40										
30	0.01	200	0.40										
60	0.01	750	0.40	4000	0.60								
90	0.01	750	0.60	1700	0.40								
120	0.01	500	0.40										
150	0.01	1000	0.40										
180	0.01	1400	0.40										
210	0.01	600	0.15	1200	0.40								
240	0.01	500	0.40										
270	0.01	800	0.40										
300	0.01	600	0.40										
330	0.01	200	0.40										

Hauteur de l'anémomètre: 12.0 m a.s. Période: 70010103–79123121

Sect	Freq	< 1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	7.4	125	180	244	196	120	71	38	15	8	3	0	0	0	0	3.4	1.79
30	11.5	85	143	219	200	143	101	55	31	18	5	0	0	0	0	4.0	1.91
60	10.2	75	116	174	196	159	120	79	39	24	15	1	0	0	0	4.4	2.00
90	5.6	127	156	202	195	125	80	63	29	13	10	1	0	0	0	3.8	1.74
120	5.7	128	155	226	176	143	79	47	26	10	7	3	0	0	0	3.7	1.73
150	6.1	129	134	187	152	128	100	69	43	31	22	5	1	0	0	4.2	1.64
180	7.4	113	129	180	172	129	81	68	49	29	35	9	6	0	0	4.3	1.51
210	8.9	90	105	169	160	133	108	81	63	37	43	7	3	0	0	4.8	1.74
240	11.5	69	109	155	155	133	108	88	67	44	53	11	6	1	0	5.1	1.73
270	11.8	87	118	143	152	138	119	89	62	39	42	11	1	1	0	4.9	1.80
300	7.9	122	160	203	168	127	88	50	34	23	19	4	0	0	0	3.9	1.61
330	6.0	153	233	252	151	106	50	23	15	9	5	2	0	1	0	3.1	1.46
Total	100.0	102	139	191	173	134	96	66	42	26	24	5	2	0	0	4.2	1.65

UTC	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Année
0	3.8	3.8	3.5	3.3	2.7	2.5	2.5	2.3	2.5	2.5	3.3	4.0	3.1
3	3.8	3.8	3.4	3.2	2.6	2.3	2.3	2.2	2.4	2.5	3.2	4.0	3.0
6	3.8	3.9	3.5	3.3	2.9	2.5	2.4	2.1	2.5	2.7	3.3	3.9	3.1
9	4.0	4.3	4.5	4.8	4.2	3.6	3.7	3.5	3.6	3.4	3.6	4.2	3.9
12	4.9	5.3	5.5	5.4	4.7	4.3	4.2	4.2	4.6	4.2	4.6	5.0	4.7
15	4.8	5.4	5.8	5.5	4.9	4.7	4.7	4.6	4.7	4.1	4.4	4.7	4.9
18	3.9	4.1	4.5	4.5	4.3	4.3	4.5	4.1	3.4	2.6	3.3	4.2	4.0
21	3.8	3.9	3.6	3.4	2.9	2.8	2.8	2.6	2.6	2.6	3.4	4.1	3.2
Jour	4.1	4.3	4.3	4.2	3.7	3.4	3.4	3.2	3.3	3.1	3.6	4.3	3.7

Classe de rugosité 0													
z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	6.0	7.0	7.0	6.3	5.8	6.1	6.4	7.0	7.8	7.8	6.8	5.8	6.8
	1.91	2.17	2.29	2.20	2.02	1.94	1.83	1.92	1.98	2.06	1.97	1.76	1.96
25	6.6	7.7	7.7	6.9	6.4	6.7	7.0	7.7	8.6	8.5	7.4	6.4	7.4
	1.97	2.24	2.36	2.26	2.09	2.01	1.89	1.98	2.03	2.12	2.03	1.82	2.02
50	7.1	8.2	8.2	7.4	6.8	7.2	7.5	8.3	9.2	9.1	8.0	6.9	8.0
	2.02	2.30	2.42	2.33	2.14	2.06	1.94	2.03	2.09	2.18	2.08	1.87	2.08
100	7.7	8.9	8.9	8.0	7.4	7.8	8.1	9.0	9.9	9.9	8.6	7.4	8.7
	1.96	2.23	2.35	2.25	2.07	1.99	1.88	1.97	2.03	2.11	2.02	1.81	2.01
200	8.5	9.9	9.9	8.9	8.2	8.6	9.0	9.9	10.9	10.9	9.5	8.2	9.6
	1.85	2.11	2.22	2.13	1.96	1.89	1.78	1.87	1.94	2.00	1.91	1.71	1.92
Freq	6.8	9.6	11.0	7.6	5.6	6.0	6.8	8.3	10.4	11.6	9.6	6.8	100.0

Classe de rugosité 1													
z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	4.3	5.0	4.8	4.2	4.1	4.3	4.4	5.0	5.5	5.3	4.4	4.0	4.7
	1.71	1.85	1.94	1.76	1.71	1.62	1.50	1.67	1.69	1.75	1.60	1.48	1.66
25	5.2	6.0	5.8	5.1	4.9	5.2	5.3	6.0	6.6	6.3	5.3	4.8	5.7
	1.84	1.99	2.09	1.90	1.84	1.74	1.62	1.80	1.80	1.89	1.73	1.59	1.79
50	6.0	6.9	6.7	5.9	5.7	6.0	6.1	7.0	7.6	7.4	6.2	5.6	6.6
	2.07	2.24	2.35	2.13	2.07	1.96	1.81	2.03	1.99	2.12	1.94	1.79	1.99
100	7.2	8.2	7.9	7.0	6.7	7.2	7.3	8.3	8.9	8.7	7.4	6.7	7.8
	2.20	2.38	2.51	2.27	2.20	2.09	1.93	2.16	2.13	2.26	2.06	1.90	2.13
200	8.9	10.2	9.8	8.7	8.4	8.9	9.1	10.4	10.9	10.9	9.1	8.3	9.7
	2.10	2.28	2.39	2.17	2.10	1.99	1.85	2.06	2.04	2.16	1.97	1.82	2.04
Freq	7.1	10.6	10.7	6.5	5.7	6.1	7.2	8.6	11.0	11.8	8.6	6.3	100.0

Classe de rugosité 2													
z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	3.8	4.4	4.2	3.6	3.5	3.8	3.9	4.4	4.9	4.6	3.8	3.5	4.1
	1.75	1.86	1.96	1.74	1.69	1.63	1.52	1.68	1.70	1.76	1.60	1.46	1.67
25	4.7	5.4	5.2	4.5	4.4	4.7	4.8	5.5	6.0	5.7	4.7	4.3	5.1
	1.87	1.99	2.10	1.87	1.81	1.74	1.63	1.80	1.79	1.88	1.71	1.56	1.78
50	5.6	6.4	6.1	5.3	5.2	5.5	5.7	6.4	7.0	6.7	5.5	5.1	6.0
	2.07	2.20	2.32	2.06	2.00	1.92	1.80	1.99	1.95	2.08	1.89	1.73	1.96
100	6.6	7.6	7.2	6.3	6.2	6.6	6.8	7.7	8.2	7.9	6.6	6.1	7.2
	2.28	2.42	2.55	2.27	2.19	2.12	1.98	2.19	2.14	2.28	2.08	1.90	2.15
200	8.2	9.4	8.9	7.8	7.6	8.1	8.3	9.5	10.0	9.8	8.1	7.5	8.8
	2.18	2.32	2.44	2.17	2.10	2.03	1.89	2.09	2.06	2.19	1.99	1.82	2.06
Freq	7.2	11.0	10.6	6.1	5.7	6.1	7.3	8.7	11.2	11.8	8.3	6.1	100.0

Classe de rugosité 3													
z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	3.0	3.5	3.2	2.8	2.8	3.0	3.0	3.5	3.8	3.6	2.9	2.8	3.3
	1.80	1.88	1.96	1.73	1.73	1.63	1.52	1.71	1.72	1.77	1.59	1.50	1.69
25	4.0	4.6	4.3	3.7	3.7	4.0	4.0	4.7	5.1	4.7	3.8	3.7	4.3
	1.90	2.00	2.07	1.83	1.83	1.73	1.61	1.81	1.80	1.88	1.69	1.59	1.78
50	4.9	5.6	5.2	4.4	4.5	4.8	4.9	5.6	6.1	5.7	4.7	4.4	5.2
	2.07	2.17	2.25	1.99	1.99	1.88	1.75	1.97	1.93	2.04	1.83	1.73	1.92
100	5.9	6.7	6.2	5.4	5.4	5.8	5.9	6.8	7.3	6.9	5.6	5.4	6.3
	2.36	2.47	2.57	2.27	2.27	2.14	1.99	2.24	2.17	2.32	2.08	1.96	2.18
200	7.2	8.2	7.6	6.6	6.7	7.1	7.3	8.3	8.8	8.4	6.9	6.6	7.6
	2.27	2.38	2.47	2.19	2.19	2.06	1.92	2.16	2.11	2.24	2.01	1.89	2.11
Freq	7.4	11.7	10.1	5.6	5.8	6.2	7.4	8.9	11.6	11.7	7.7	6.0	100.0

z	Classe 0		Classe 1		Classe 2		Classe 3	
10	6.0	260	4.2	108	3.7	71	2.9	34
25	6.6	332	5.0	169	4.5	124	3.8	74
50	7.1	401	5.8	232	5.3	180	4.6	119
100	7.7	525	6.9	363	6.3	278	5.6	185
200	8.5	744	8.6	720	7.8	537	6.8	345

Nîmes

43° 45' 00" N 04° 25' 00" E UTM 31 E 614061 m N 4845170 m 96 m a.n.m.

Le site est localisé dans la vallée du Rhône, à 40 km au Nord de la mer Méditerranée. Le centre de la ville de Nîmes est à 8 km au Nord-Ouest du site. Le terrain est plat jusqu'à une distance comprise entre 5 et 10 km. Il est caractérisé par des vignobles, des petites forêts éparpillées et des villages. L'anémomètre est installé au Nord de la piste. Il n'y a pas d'obstacles proches à moins de 1000 m environ.

Sect	z01	x1	z02	x2	z03	x3	z04	x4	z05	x5	z06	Prc	Deg
0	0.01	400	0.20										
30	0.01	700	0.20										
60	0.01	700	0.20										
90	0.01	400	0.10	750	0.30	1600	0.20						
120	0.01	600	0.10	1200	0.20								
150	0.01	1000	0.10	2000	0.20								
180	0.01	2000	0.07	3000	0.20								
210	0.01	1000	0.20										
240	0.01	600	0.20										
270	0.01	600	0.20										
300	0.01	500	0.20										
330	0.01	400	0.30	1000	0.20								

Hauteur de l'anémomètre: 11.3 m a.s. Période: 70010103-79123121

Sect	Freq	<1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	20.1	45	75	108	116	127	105	96	86	72	99	46	19	5	2	6.5	1.85
30	14.7	62	123	176	162	135	99	83	61	42	40	14	4	0	0	4.8	1.68
60	7.0	122	198	253	242	106	47	14	12	2	4	0	0	0	0	3.3	1.99
90	4.9	144	185	215	170	120	72	39	26	14	12	3	0	0	0	3.5	1.56
120	6.0	110	125	148	125	125	103	76	67	44	51	18	7	3	0	5.0	1.61
150	5.9	89	99	113	118	96	111	96	76	60	89	37	13	4	0	6.0	1.80
180	5.0	122	110	129	156	182	125	88	40	25	18	6	1	0	0	4.7	2.04
210	3.9	144	144	201	196	146	95	47	18	4	4	1	0	0	0	3.7	1.94
240	4.3	170	157	235	205	128	61	28	7	4	3	2	0	0	0	3.3	1.86
270	5.5	136	149	223	207	130	72	33	25	12	12	0	1	0	0	3.6	1.73
300	9.0	78	108	176	185	160	105	72	49	34	26	8	0	0	0	4.6	1.80
330	13.7	57	81	145	152	131	109	89	73	50	70	32	9	2	1	5.6	1.69
Total	100.0	87	116	164	160	132	96	72	56	40	49	20	7	2	1	4.8	1.54

UTC	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Année
0	4.2	4.3	4.1	3.7	3.1	3.0	3.3	2.9	3.2	3.7	4.0	4.2	3.6
3	4.3	4.3	4.1	3.6	3.2	2.9	3.3	3.0	3.2	3.5	4.0	4.3	3.6
6	4.2	4.4	3.9	3.5	3.1	3.1	3.3	3.0	3.5	3.6	4.0	4.3	3.6
9	4.4	5.0	5.2	5.5	4.6	4.6	5.0	4.6	4.8	4.7	4.6	4.5	4.8
12	5.4	5.8	5.7	5.9	4.9	4.7	5.0	4.9	4.9	5.2	5.4	5.4	5.3
15	5.2	6.0	5.9	6.2	5.5	5.4	5.7	5.5	5.1	5.0	5.2	5.0	5.5
18	4.4	4.9	4.9	5.2	4.9	4.8	5.1	4.7	4.1	3.9	4.2	4.4	4.6
21	4.1	4.5	4.3	4.0	3.3	3.4	3.7	3.2	3.4	3.6	4.0	4.4	3.8
Jour	4.5	4.9	4.8	4.7	4.1	4.0	4.3	4.0	4.0	4.2	4.4	4.6	4.4

Classe de rugosité 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	9.6	8.2	5.9	5.2	6.9	8.2	7.2	5.8	5.1	5.3	6.6	8.2	7.4
	1.97	1.86	1.79	1.91	1.77	1.94	2.03	2.27	2.20	2.05	2.05	1.85	1.74
25	10.5	9.0	6.4	5.6	7.5	8.9	7.9	6.3	5.6	5.8	7.2	8.9	8.1
	2.00	1.90	1.85	1.97	1.83	1.98	2.09	2.35	2.27	2.11	2.11	1.88	1.77
50	11.2	9.6	6.9	6.1	8.1	9.5	8.5	6.8	6.0	6.3	7.8	9.6	8.7
	2.05	1.95	1.90	2.02	1.88	2.04	2.14	2.41	2.33	2.17	2.17	1.94	1.81
100	12.0	10.3	7.5	6.6	8.7	10.3	9.2	7.4	6.5	6.8	8.4	10.3	9.3
	2.02	1.91	1.84	1.96	1.82	1.99	2.08	2.33	2.26	2.10	2.10	1.90	1.79
200	12.9	11.2	8.3	7.3	9.6	11.2	10.2	8.2	7.2	7.5	9.3	11.1	10.2
	1.97	1.84	1.74	1.85	1.73	1.91	1.96	2.20	2.13	1.99	1.99	1.83	1.74
Freq	17.8	16.5	9.8	5.8	5.7	6.0	5.3	4.3	4.1	5.0	7.7	12.0	100.0

Classe de rugosité 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	7.0	5.3	3.7	3.7	5.0	5.9	4.7	3.8	3.5	3.8	4.8	6.0	5.2
	1.81	1.62	1.62	1.56	1.55	1.74	1.85	1.90	1.82	1.70	1.76	1.67	1.55
25	8.3	6.3	4.4	4.5	6.0	7.0	5.6	4.6	4.2	4.5	5.7	7.1	6.2
	1.88	1.73	1.75	1.69	1.66	1.84	1.99	2.06	1.96	1.83	1.89	1.75	1.63
50	9.3	7.3	5.1	5.2	7.0	8.0	6.5	5.3	4.9	5.3	6.6	8.1	7.1
	1.98	1.91	1.96	1.89	1.84	2.00	2.24	2.31	2.20	2.06	2.13	1.88	1.76
100	10.6	8.6	6.1	6.2	8.2	9.3	7.7	6.3	5.8	6.3	7.9	9.3	8.3
	2.13	2.05	2.09	2.01	1.96	2.15	2.39	2.46	2.35	2.19	2.27	2.02	1.90
200	12.3	10.5	7.5	7.7	10.1	11.2	9.6	7.9	7.2	7.8	9.8	11.1	10.0
	2.06	1.96	2.00	1.92	1.88	2.07	2.28	2.35	2.24	2.09	2.16	1.95	1.88
Freq	19.3	15.4	8.0	5.2	5.9	5.9	5.1	4.0	4.2	5.3	8.6	13.1	100.0

Classe de rugosité 2

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	6.2	4.4	3.0	3.3	4.5	5.2	4.0	3.3	3.1	3.3	4.2	5.3	4.5
	1.82	1.63	1.78	1.54	1.58	1.76	1.92	1.90	1.83	1.69	1.78	1.68	1.55
25	7.5	5.5	3.8	4.1	5.5	6.4	4.9	4.1	3.8	4.1	5.2	6.5	5.6
	1.88	1.75	1.91	1.64	1.67	1.84	2.06	2.03	1.96	1.81	1.90	1.75	1.63
50	8.6	6.4	4.4	4.8	6.5	7.4	5.8	4.8	4.4	4.8	6.1	7.5	6.5
	1.97	1.94	2.11	1.82	1.82	1.98	2.28	2.25	2.17	2.00	2.11	1.86	1.74
100	9.8	7.7	5.3	5.8	7.7	8.7	6.9	5.7	5.3	5.8	7.3	8.7	7.7
	2.14	2.12	2.32	1.99	2.00	2.17	2.51	2.47	2.38	2.20	2.31	2.03	1.91
200	11.4	9.5	6.5	7.1	9.3	10.4	8.5	7.0	6.6	7.1	9.0	10.3	9.2
	2.08	2.03	2.22	1.91	1.92	2.10	2.40	2.37	2.28	2.10	2.21	1.97	1.89
Freq	19.8	15.0	7.3	5.0	6.0	5.9	5.0	3.9	4.3	5.4	8.9	13.5	100.0

Classe de rugosité 3

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	4.8	3.3	2.3	2.7	3.6	4.0	3.1	2.6	2.4	2.7	3.4	4.3	3.6
	1.81	1.63	1.88	1.54	1.61	1.74	1.95	1.91	1.81	1.71	1.73	1.71	1.56
25	6.2	4.4	3.1	3.6	4.8	5.3	4.0	3.4	3.2	3.6	4.5	5.6	4.7
	1.86	1.73	2.00	1.63	1.69	1.81	2.06	2.02	1.92	1.81	1.83	1.77	1.62
50	7.3	5.4	3.7	4.4	5.7	6.3	4.9	4.1	3.9	4.3	5.4	6.6	5.6
	1.93	1.88	2.17	1.77	1.81	1.92	2.24	2.20	2.09	1.97	1.99	1.86	1.72
100	8.6	6.5	4.5	5.3	6.9	7.5	5.9	4.9	4.7	5.3	6.6	7.8	6.7
	2.07	2.14	2.47	2.02	2.05	2.13	2.56	2.50	2.38	2.24	2.26	2.02	1.88
200	10.1	7.9	5.5	6.5	8.3	9.0	7.2	6.0	5.7	6.4	8.0	9.3	8.1
	2.09	2.06	2.38	1.95	1.99	2.10	2.46	2.41	2.29	2.16	2.18	2.02	1.90
Freq	19.8	14.0	6.8	5.0	6.0	5.8	4.9	3.9	4.4	5.8	9.3	14.2	100.0

z	Classe 0		Classe 1		Classe 2		Classe 3	
10	6.6	391	4.7	161	4.1	107	3.2	51
25	7.2	498	5.5	252	5.0	184	4.2	109
50	7.7	594	6.3	341	5.8	265	5.0	175
100	8.3	754	7.4	494	6.8	386	6.0	266
200	9.1	1015	8.9	879	8.2	679	7.2	456

Orléans

47° 59' 00" N	01° 45' 00" E	UTM 31	E 406721 m	N 5315307 m	125 m a.n.m.
---------------	---------------	--------	------------	-------------	--------------

Le site se trouve à 15 km au Nord-Ouest du centre de la ville d'Orléans, dans la vallée de la Loire. La banlieue s'étend jusqu'à 8 km environ de l'aérodrome. Dans les secteurs allant du Nord-Est au Sud-Ouest en passant par le Sud, il y a de vastes forêts vers Sud-Ouest et Sud: 6 km, vers le Nord-Est: 10 km. Plus près du site, le terrain comporte des champs dégagés et plats avec peu d'obstacles. L'anémomètre est installé au Sud des pistes de l'aéroport, avec des bâtiments situés dans le secteur Sud-Est et éloignés de plus de 400 m.

Sect	z_{01}	x_1	z_{02}	x_2	z_{03}	x_3	z_{04}	x_4	z_{05}	x_5	z_{06}	Prc	Deg
0	0.01	1700	0.07										
30	0.01	1300	0.20	2300	0.07								
60	0.01	800	0.20	2500	0.07								
90	0.01	700	0.35	1400	0.07								
120	0.01	500	0.30	1500	0.07	3200	0.25						
150	0.01	250	0.15	750	0.07								
180	0.01	250	0.07	1500	0.30								
210	0.01	750	0.10	3500	0.40								
240	0.01	800	0.07										
270	0.01	1800	0.07										
300	0.01	1700	0.07										
330	0.01	1700	0.15	4000	0.07								

Hauteur de l'anémomètre: 10.0 m a.s.

Période: 70073100-79123121

Sect	Freq	<1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	<i>A</i>	<i>k</i>
0	6.8	52	123	216	206	149	118	55	34	21	19	5	2	0	0	4.3	1.76
30	10.1	46	104	192	189	153	110	88	55	35	20	6	2	0	0	4.7	1.85
60	12.1	35	94	192	218	161	116	76	49	28	25	5	1	0	0	4.6	1.86
90	7.1	63	140	209	216	157	92	52	38	21	10	2	1	0	0	4.1	1.85
120	4.6	84	176	288	213	127	64	28	11	6	3	0	0	0	0	3.4	1.89
150	5.1	61	148	252	252	157	86	22	16	4	3	0	0	0	0	3.7	2.22
180	7.3	54	119	195	217	152	102	66	45	25	18	4	2	0	0	4.3	1.77
210	11.3	34	88	151	158	132	117	97	78	63	56	21	6	0	0	5.5	1.86
240	13.3	35	77	126	151	159	126	97	78	55	66	24	6	0	0	5.7	1.89
270	10.6	36	85	161	176	156	129	97	65	42	33	15	3	0	0	5.1	1.92
300	6.5	59	113	194	186	147	111	61	50	38	30	10	2	1	0	4.6	1.67
330	5.1	80	145	227	207	137	86	59	32	16	9	2	0	1	1	4.0	1.70
Total	100.0	48	109	188	193	150	110	74	52	34	30	10	3	0	0	4.7	1.73

UTC	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Année
0	4.4	4.1	4.1	4.0	3.5	3.1	2.9	3.0	3.3	3.2	4.1	4.4	3.7
3	4.2	4.1	4.1	3.9	3.5	3.1	2.9	2.9	3.1	3.1	4.0	4.4	3.6
6	4.2	4.1	4.2	4.1	3.8	3.4	3.1	2.9	3.2	3.2	4.0	4.4	3.7
9	4.4	4.5	5.2	5.6	4.9	4.1	4.0	4.1	4.2	3.9	4.5	4.5	4.5
12	5.2	5.4	6.1	6.1	5.3	4.7	4.4	4.7	4.9	4.5	5.2	5.2	5.1
15	5.1	5.3	6.2	6.3	5.5	4.8	4.5	4.7	4.9	4.5	4.8	4.8	5.1
18	4.4	4.3	4.8	5.2	4.6	4.3	4.2	4.1	3.8	3.3	4.2	4.3	4.3
21	4.4	4.2	4.3	4.1	3.5	3.1	3.1	3.1	3.3	3.2	4.3	4.4	3.7
Jour	4.5	4.5	4.9	4.9	4.3	3.8	3.6	3.7	3.8	3.6	4.4	4.5	4.2

Classe de rugosité 0													
z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	5.8	6.4	6.7	6.2	5.5	5.6	6.8	8.1	8.1	7.4	6.7	5.8	6.8
	2.06	2.17	2.23	2.19	2.21	2.48	2.11	2.13	2.24	2.26	2.10	1.96	2.07
25	6.4	7.1	7.3	6.8	6.0	6.1	7.4	8.8	8.9	8.1	7.3	6.4	7.5
	2.12	2.24	2.30	2.26	2.28	2.56	2.17	2.19	2.30	2.33	2.17	2.02	2.13
50	6.9	7.6	7.8	7.3	6.5	6.6	8.0	9.5	9.6	8.8	7.9	6.8	8.0
	2.18	2.30	2.37	2.31	2.35	2.63	2.23	2.25	2.37	2.39	2.22	2.07	2.18
100	7.4	8.2	8.5	7.9	7.0	7.1	8.6	10.2	10.4	9.5	8.5	7.4	8.7
	2.11	2.22	2.29	2.24	2.27	2.55	2.16	2.18	2.30	2.31	2.15	2.01	2.12
200	8.2	9.1	9.4	8.8	7.8	7.9	9.6	11.3	11.4	10.5	9.4	8.2	9.6
	2.00	2.11	2.17	2.12	2.15	2.41	2.05	2.08	2.18	2.19	2.04	1.90	2.02
Freq	6.3	9.0	11.4	8.7	5.4	4.9	6.6	10.1	12.7	11.5	7.8	5.5	100.0

Classe de rugosité 1													
z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	4.1	4.6	4.6	4.2	3.7	4.0	4.9	5.8	5.6	5.0	4.5	3.9	4.7
	1.77	1.84	1.86	1.83	1.88	2.13	1.80	1.83	1.88	1.91	1.68	1.69	1.76
25	5.0	5.5	5.5	5.0	4.5	4.8	5.9	6.9	6.7	6.0	5.4	4.7	5.7
	1.90	1.98	2.01	1.98	2.03	2.31	1.95	1.96	2.03	2.06	1.81	1.83	1.89
50	5.8	6.3	6.4	5.8	5.2	5.6	6.8	7.9	7.8	7.0	6.3	5.5	6.6
	2.14	2.23	2.25	2.22	2.28	2.59	2.19	2.17	2.28	2.32	2.04	2.05	2.10
100	6.8	7.5	7.6	6.9	6.1	6.6	8.1	9.3	9.2	8.3	7.4	6.5	7.8
	2.28	2.37	2.40	2.37	2.43	2.76	2.33	2.32	2.42	2.47	2.17	2.18	2.24
200	8.5	9.4	9.5	8.6	7.6	8.2	10.1	11.4	11.5	10.3	9.2	8.1	9.7
	2.18	2.26	2.29	2.26	2.32	2.63	2.22	2.22	2.31	2.36	2.07	2.08	2.15
Freq	6.7	9.9	11.9	7.5	4.8	5.1	7.1	11.1	13.2	10.8	6.8	5.2	100.0

Classe de rugosité 2													
z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	3.7	4.0	4.1	3.6	3.2	3.5	4.3	5.1	4.9	4.3	3.9	3.4	4.2
	1.80	1.88	1.90	1.86	1.89	2.17	1.77	1.86	1.91	1.91	1.69	1.69	1.78
25	4.5	5.0	5.0	4.5	4.0	4.4	5.3	6.3	6.1	5.4	4.8	4.2	5.1
	1.93	2.01	2.03	1.99	2.02	2.33	1.90	1.98	2.05	2.05	1.81	1.81	1.90
50	5.3	5.8	5.9	5.3	4.7	5.1	6.3	7.3	7.1	6.3	5.7	4.9	6.0
	2.13	2.22	2.25	2.20	2.24	2.58	2.10	2.15	2.26	2.26	2.01	2.00	2.08
100	6.3	7.0	7.0	6.3	5.6	6.1	7.4	8.6	8.5	7.5	6.8	5.9	7.2
	2.35	2.44	2.47	2.42	2.46	2.83	2.30	2.37	2.49	2.49	2.20	2.20	2.27
200	7.8	8.6	8.7	7.8	6.8	7.5	9.2	10.5	10.4	9.2	8.4	7.3	8.9
	2.24	2.34	2.37	2.32	2.35	2.71	2.20	2.28	2.38	2.38	2.11	2.10	2.19
Freq	6.9	10.1	12.0	7.0	4.6	5.1	7.4	11.4	13.3	10.5	6.5	5.1	100.0

Classe de rugosité 3													
z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	2.9	3.2	3.2	2.8	2.6	2.9	3.5	4.0	3.8	3.4	3.0	2.7	3.3
	1.84	1.87	1.87	1.87	1.99	2.01	1.77	1.87	1.92	1.89	1.70	1.76	1.79
25	3.9	4.2	4.2	3.8	3.4	3.8	4.6	5.2	5.0	4.5	4.0	3.6	4.3
	1.95	1.98	1.99	1.98	2.11	2.13	1.88	1.97	2.04	2.01	1.80	1.87	1.89
50	4.7	5.1	5.1	4.6	4.1	4.6	5.6	6.3	6.1	5.4	4.8	4.4	5.2
	2.12	2.15	2.16	2.15	2.29	2.32	2.04	2.12	2.21	2.18	1.96	2.03	2.04
100	5.7	6.1	6.1	5.5	5.0	5.5	6.7	7.5	7.3	6.5	5.9	5.3	6.3
	2.41	2.45	2.45	2.45	2.61	2.64	2.33	2.40	2.52	2.48	2.23	2.31	2.30
200	6.9	7.4	7.5	6.7	6.1	6.8	8.2	9.1	9.0	7.9	7.2	6.4	7.7
	2.32	2.37	2.37	2.36	2.51	2.55	2.24	2.32	2.43	2.39	2.15	2.22	2.23
Freq	7.3	10.4	11.4	6.7	4.7	5.4	7.9	11.7	13.0	10.0	6.3	5.4	100.0

z	Classe 0		Classe 1		Classe 2		Classe 3	
10	6.0	249	4.2	101	3.7	67	2.9	32
25	6.6	318	5.1	160	4.6	117	3.8	70
50	7.1	386	5.8	222	5.3	172	4.6	113
100	7.7	504	6.9	350	6.4	269	5.6	179
200	8.5	712	8.6	692	7.8	518	6.8	334

Perpignan

42° 44' 00'' N 02° 52' 00'' E UTM 31 E 489084 m N 4731296 m 48 m a.n.m.

La station est située à l'Est du pied des Pyrénées, 15 km à l'Ouest de la Mer Méditerranée et 5 km au Nord-Nord-Ouest du centre de la ville de Perpignan. Jusqu'à 8 km du site, le terrain est plat ou légèrement ondulé et recouvert de vignobles.

L'anémomètre est installé au Sud de la piste principale avec des constructions situées dans les secteurs Sud-Est et Nord-Ouest, à 100 m approximativement.

Sect	z01	x1	z02	x2	z03	x3	z04	x4	z05	x5	z06	Prc	Deg
0	0.01	800	0.15	2500	0.35								
30	0.01	600	0.15	2500	0.25								
60	0.01	400	0.10	1500	0.25								
90	0.01	500	0.15	1100	0.30							-1	
120	0.01	800	0.30									-11	
150	0.01	600	0.15	1500	0.50							-11	
180	0.01	400	0.15	2500	0.30								
210	0.01	250	0.15	2800	0.30								
240	0.01	250	0.15										
270	0.01	350	0.15										
300	0.01	700	0.15									-3	
330	0.01	350	0.10	2000	0.25							-3	

Hauteur de l'anémomètre: 10.5 m a.s.

Période: 72110600–78123121

Sect	Freq	< 1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	5.8	142	198	175	144	80	79	49	41	37	39	13	3	0	1	3.8	1.28
30	3.8	190	243	213	173	101	39	23	13	3	1	0	0	0	0	2.9	1.66
60	4.4	149	220	215	190	113	66	32	9	6	0	0	0	0	0	3.2	1.81
90	5.8	115	160	176	190	168	104	53	13	11	11	1	0	0	0	3.9	1.97
120	6.9	86	113	126	163	156	138	82	59	36	34	6	2	0	0	4.9	1.96
150	3.6	180	121	122	122	109	96	60	58	47	75	10	0	0	0	4.7	1.55
180	2.3	257	214	114	68	39	44	46	58	34	56	51	15	5	0	3.8	1.04
210	3.2	242	321	238	94	38	21	12	14	9	10	2	0	0	0	2.3	1.17
240	7.2	206	330	274	135	36	9	2	1	3	2	0	2	0	0	2.4	1.53
270	8.2	164	286	250	148	69	32	17	9	5	10	4	2	3	0	2.8	1.23
300	23.6	42	69	72	82	87	87	91	90	75	135	91	48	20	8	8.0	2.00
330	25.3	41	64	69	72	79	90	94	96	99	147	87	40	17	5	8.2	2.22
Total	100.0	103	147	136	114	89	76	64	58	52	80	47	22	9	3	5.5	1.39

UTC	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Année
0	4.8	5.0	4.7	4.3	3.9	3.9	3.7	3.4	3.5	4.2	4.8	4.3	4.2
3	5.1	4.9	4.5	4.3	3.6	3.8	3.6	3.4	3.4	4.1	4.6	4.2	4.1
6	4.6	4.5	4.2	4.4	3.7	3.8	3.7	3.2	3.4	4.2	4.8	4.2	4.1
9	4.6	5.1	5.6	6.0	5.2	5.1	5.3	4.4	4.4	5.2	5.1	4.4	5.0
12	5.4	6.5	6.7	7.2	6.4	6.1	6.3	5.5	5.7	6.7	6.3	5.4	6.2
15	5.6	7.3	7.4	7.5	6.4	6.3	6.6	5.6	6.1	6.9	6.4	5.5	6.4
18	4.8	5.6	5.8	5.9	5.3	5.3	5.6	4.4	4.5	5.0	5.2	4.9	5.2
21	4.9	5.1	5.0	4.9	4.3	4.1	4.4	3.7	3.9	4.5	5.1	4.8	4.6
Jour	5.0	5.5	5.5	5.6	4.9	4.8	4.9	4.2	4.4	5.1	5.3	4.7	5.0

Classe de rugosité 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	10.6	5.1	4.8	5.8	7.7	8.3	7.2	4.1	4.0	4.3	10.7	12.5	8.8
	1.90	1.56	2.04	2.19	2.15	1.97	1.40	1.06	1.64	1.48	1.87	2.28	1.58
25	11.6	5.6	5.3	6.4	8.4	9.1	7.9	4.5	4.3	4.7	11.6	13.6	9.6
	1.92	1.60	2.10	2.26	2.22	2.01	1.42	1.08	1.69	1.52	1.88	2.30	1.59
50	12.3	6.0	5.6	6.9	9.1	9.7	8.4	4.8	4.7	5.1	12.4	14.4	10.3
	1.95	1.65	2.16	2.32	2.28	2.06	1.45	1.11	1.74	1.56	1.92	2.33	1.62
100	13.1	6.5	6.1	7.4	9.8	10.5	9.0	5.2	5.1	5.5	13.2	15.3	11.0
	1.94	1.60	2.09	2.25	2.20	2.02	1.44	1.09	1.69	1.51	1.91	2.33	1.62
200	14.1	7.1	6.8	8.2	10.9	11.4	9.6	5.6	5.6	6.0	14.1	16.4	11.8
	1.90	1.51	1.98	2.13	2.08	1.94	1.40	1.05	1.60	1.44	1.87	2.29	1.61
Freq	12.9	4.6	4.2	5.3	6.5	4.9	2.8	2.8	5.4	7.8	18.2	24.6	100.0

Classe de rugosité 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	6.0	3.2	3.4	4.3	5.7	5.8	4.6	2.7	2.7	3.0	8.3	9.1	6.2
	1.42	1.42	1.74	1.89	1.87	1.61	1.14	1.05	1.48	1.23	1.91	2.17	1.47
25	7.0	3.9	4.1	5.1	6.8	6.9	5.4	3.3	3.3	3.6	9.6	10.6	7.4
	1.47	1.53	1.88	2.04	2.01	1.68	1.17	1.13	1.59	1.31	1.96	2.21	1.51
50	7.9	4.6	4.8	5.9	7.9	7.8	6.2	4.0	3.8	4.3	10.8	11.9	8.3
	1.54	1.72	2.11	2.30	2.24	1.81	1.23	1.26	1.79	1.48	2.03	2.29	1.57
100	9.0	5.4	5.7	7.0	9.3	9.1	7.1	4.8	4.6	5.1	12.1	13.3	9.5
	1.65	1.83	2.24	2.44	2.40	1.94	1.31	1.34	1.90	1.56	2.16	2.44	1.68
200	10.4	6.8	7.1	8.7	11.5	10.7	8.1	5.9	5.7	6.3	13.7	15.0	11.1
	1.60	1.75	2.14	2.33	2.29	1.88	1.27	1.28	1.81	1.50	2.11	2.39	1.71
Freq	8.5	4.1	4.3	5.6	6.7	4.1	2.5	3.0	6.5	8.1	21.6	24.9	100.0

Classe de rugosité 2

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	4.3	2.8	3.0	3.8	5.1	5.1	3.8	2.3	2.3	2.7	7.3	8.0	5.4
	1.28	1.54	1.77	1.92	1.90	1.58	1.08	1.11	1.50	1.24	1.97	2.19	1.47
25	5.2	3.4	3.8	4.7	6.3	6.2	4.7	3.0	2.9	3.3	8.9	9.6	6.6
	1.33	1.65	1.89	2.06	2.03	1.64	1.11	1.18	1.60	1.32	2.01	2.24	1.51
50	6.0	4.1	4.4	5.4	7.3	7.2	5.4	3.5	3.4	4.0	10.1	10.9	7.6
	1.39	1.82	2.09	2.28	2.22	1.74	1.15	1.30	1.77	1.46	2.08	2.30	1.56
100	7.0	4.8	5.3	6.5	8.6	8.3	6.2	4.3	4.1	4.8	11.4	12.4	8.8
	1.52	2.00	2.30	2.50	2.44	1.90	1.23	1.42	1.94	1.60	2.20	2.43	1.66
200	8.2	6.0	6.5	8.0	10.6	9.8	7.1	5.3	5.1	5.9	13.1	14.1	10.3
	1.48	1.92	2.20	2.39	2.35	1.85	1.21	1.37	1.86	1.53	2.19	2.43	1.70
Freq	6.9	3.9	4.3	5.7	6.8	3.8	2.4	3.1	6.9	8.2	22.9	25.1	100.0

Classe de rugosité 3

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	2.8	2.2	2.5	3.0	4.1	3.9	2.7	1.9	1.9	2.4	5.8	6.2	4.3
	1.30	1.64	1.79	1.88	1.93	1.53	1.02	1.22	1.50	1.08	2.02	2.19	1.47
25	3.7	2.8	3.2	4.0	5.3	5.2	3.5	2.5	2.5	3.2	7.5	8.1	5.5
	1.37	1.74	1.89	1.99	2.03	1.58	1.04	1.29	1.59	1.12	2.06	2.23	1.50
50	4.5	3.4	3.9	4.8	6.4	6.2	4.2	3.1	3.1	3.8	8.9	9.5	6.6
	1.49	1.89	2.06	2.17	2.19	1.66	1.06	1.39	1.73	1.17	2.11	2.29	1.55
100	5.5	4.2	4.7	5.8	7.7	7.3	5.0	3.8	3.7	4.7	10.3	11.0	7.8
	1.69	2.15	2.35	2.47	2.49	1.79	1.12	1.58	1.96	1.29	2.21	2.38	1.63
200	6.7	5.1	5.8	7.1	9.3	8.6	5.8	4.6	4.5	5.6	11.9	12.7	9.2
	1.63	2.08	2.26	2.38	2.40	1.80	1.13	1.52	1.89	1.27	2.26	2.44	1.68
Freq	5.7	3.8	4.5	5.8	6.7	3.6	2.3	3.5	7.3	9.2	23.5	24.2	100.0

z	Classe 0		Classe 1		Classe 2		Classe 3	
10	7.9	771	5.7	311	4.9	204	3.9	98
25	8.6	983	6.6	485	6.0	353	5.0	208
50	9.2	1165	7.5	654	6.9	506	5.9	332
100	9.8	1426	8.5	881	7.9	708	7.0	502
200	10.6	1800	9.9	1360	9.2	1089	8.2	779

Poitiers

46° 35' 00'' N 00° 19' 00'' E UTM 31 E 294411 m N 5162459 m 120 m a.n.m.

La station est située dans la partie Centrale de la France, à l'Ouest de la ville de Poitiers. La ville s'étend presque jusqu'au site du Nord-Nord-Est au Sud-Ouest. Le terrain est plutôt plat et boisé à 20% approximativement. L'anémomètre est installé à l'Est de l'aérodrome avec des constructions situés dans les secteurs Sud-Est à Nord-Nord-Est.

Sect	z01	x1	z02	x2	z03	x3	z04	x4	z05	x5	z06	Prc	Deg
0	0.01	1700	0.07	4000	0.25								
30	0.01	100	0.40	350	0.03	750	0.30						
60	0.01	100	0.15	750	0.40	3500	0.15						
90	0.03	800	0.60	3500	0.40								
120	0.07	1000	0.40										
150	0.10	500	0.40	2000	0.30								
180	0.30	300	0.07	1000	0.35								
210	0.03	700	0.30	2500	0.25								
240	0.01	1200	0.10	1750	0.30								
270	0.01	800	0.10	2000	0.40							-5	
300	0.01	1000	0.20										
330	0.01	1100	0.20	2000	0.07								

Hauteur de l'anémomètre: 12.0 m a.s. Période: 70010103–78123121

Sect	Freq	< 1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	8.0	144	186	215	180	127	69	36	21	15	6	0	0	0	0	3.5	1.68
30	10.5	111	146	200	186	139	101	58	35	12	9	2	1	0	0	4.0	1.80
60	8.6	124	140	202	192	148	105	54	24	8	3	0	0	0	0	3.8	2.00
90	5.4	181	167	238	173	111	76	27	21	6	1	1	0	0	0	3.3	1.69
120	3.4	249	237	250	148	69	29	11	7	0	0	0	0	0	0	2.6	1.69
150	5.3	207	215	235	176	84	53	10	9	6	5	0	0	0	0	2.9	1.63
180	9.4	130	142	182	165	127	99	67	44	24	17	3	0	0	0	4.1	1.70
210	11.8	101	135	181	173	147	102	68	44	25	22	3	0	0	0	4.3	1.78
240	12.9	96	118	165	185	149	114	72	44	27	24	2	2	1	0	4.4	1.79
270	9.3	120	128	168	157	136	98	77	51	33	26	3	1	0	0	4.4	1.73
300	7.5	166	188	188	174	108	66	55	27	12	14	2	1	0	1	3.5	1.49
330	7.9	185	225	210	162	103	52	31	17	9	5	0	0	0	0	3.1	1.55
Total	100.0	138	159	195	174	128	87	53	32	17	13	2	1	0	0	3.8	1.66

UTC	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Année
0	3.4	3.5	3.2	2.9	2.5	2.2	2.3	2.0	2.1	2.2	3.1	3.2	2.7
3	3.3	3.4	3.1	2.8	2.3	2.1	2.0	1.8	2.1	2.1	3.0	3.2	2.6
6	3.3	3.5	3.1	2.7	2.5	2.3	2.0	1.8	2.0	2.2	3.0	3.1	2.6
9	3.5	3.9	4.1	4.1	3.6	3.3	3.1	3.1	3.2	3.0	3.5	3.3	3.5
12	4.4	5.1	5.1	4.9	4.2	4.0	3.9	3.7	4.1	3.8	4.5	4.1	4.3
15	4.3	5.0	5.2	5.1	4.4	4.1	4.1	4.0	4.1	3.8	4.3	3.9	4.4
18	3.6	3.8	4.0	4.3	3.8	3.8	3.9	3.5	2.9	2.4	3.4	3.4	3.6
21	3.6	3.8	3.3	3.1	2.6	2.4	2.6	2.3	2.2	2.4	3.4	3.4	2.9
Jour	3.7	4.0	3.9	3.8	3.2	3.0	3.0	2.8	2.8	2.7	3.5	3.5	3.3

Classe de rugosité 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	4.6	6.3	6.8	5.9	4.7	4.9	6.6	6.9	6.6	6.6	5.9	4.6	6.0
	1.90	1.91	2.21	2.13	1.93	1.87	1.86	2.06	2.10	2.04	1.81	1.76	1.90
25	5.0	6.9	7.4	6.5	5.2	5.3	7.3	7.6	7.2	7.3	6.4	5.0	6.6
	1.96	1.98	2.28	2.20	1.99	1.93	1.92	2.12	2.17	2.11	1.87	1.82	1.96
50	5.4	7.4	7.9	6.9	5.6	5.7	7.8	8.1	7.7	7.8	6.9	5.4	7.1
	2.02	2.03	2.34	2.25	2.05	1.98	1.97	2.17	2.23	2.16	1.92	1.87	2.00
100	5.8	8.0	8.6	7.5	6.0	6.2	8.5	8.8	8.4	8.4	7.5	5.9	7.7
	1.95	1.96	2.26	2.18	1.98	1.92	1.91	2.11	2.16	2.09	1.85	1.81	1.94
200	6.4	8.8	9.5	8.3	6.7	6.8	9.3	9.7	9.2	9.3	8.2	6.5	8.5
	1.85	1.86	2.15	2.06	1.88	1.82	1.81	1.99	2.04	1.98	1.76	1.71	1.85
Freq	8.0	9.4	9.4	6.7	4.2	4.5	7.7	10.9	12.5	10.7	8.2	7.7	100.0

Classe de rugosité 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	3.3	4.7	4.6	3.9	3.1	3.5	4.9	4.7	4.5	4.7	3.7	3.0	4.2
	1.63	1.71	1.90	1.72	1.61	1.58	1.63	1.74	1.76	1.70	1.48	1.51	1.62
25	4.0	5.7	5.6	4.7	3.7	4.2	5.8	5.7	5.4	5.6	4.5	3.7	5.0
	1.76	1.84	2.05	1.86	1.74	1.71	1.76	1.88	1.90	1.83	1.60	1.63	1.73
50	4.6	6.6	6.4	5.4	4.3	4.9	6.8	6.6	6.3	6.5	5.3	4.3	5.9
	1.98	2.06	2.31	2.09	1.96	1.92	1.98	2.11	2.13	2.06	1.79	1.83	1.93
100	5.4	7.8	7.6	6.4	5.2	5.8	8.1	7.8	7.4	7.8	6.3	5.1	7.0
	2.10	2.20	2.45	2.22	2.08	2.04	2.11	2.24	2.27	2.19	1.90	1.95	2.04
200	6.8	9.7	9.5	8.0	6.4	7.2	10.0	9.7	9.2	9.6	7.8	6.3	8.6
	2.01	2.10	2.34	2.12	1.99	1.95	2.01	2.14	2.17	2.09	1.82	1.86	1.96
Freq	8.0	9.9	8.9	6.0	3.7	4.9	8.7	11.5	12.8	9.8	7.8	7.8	100.0

Classe de rugosité 2

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	2.9	4.2	4.0	3.3	2.7	3.0	4.3	4.1	3.9	4.1	3.2	2.6	3.7
	1.67	1.74	1.92	1.68	1.64	1.58	1.65	1.75	1.79	1.71	1.47	1.54	1.62
25	3.6	5.2	5.0	4.1	3.3	3.8	5.3	5.1	4.9	5.1	4.0	3.3	4.5
	1.79	1.86	2.06	1.80	1.76	1.69	1.76	1.87	1.92	1.82	1.57	1.65	1.72
50	4.3	6.1	5.8	4.8	3.9	4.5	6.3	6.0	5.7	6.0	4.7	3.9	5.3
	1.98	2.06	2.28	1.99	1.94	1.87	1.95	2.07	2.12	2.02	1.74	1.82	1.89
100	5.1	7.3	7.0	5.7	4.6	5.3	7.5	7.1	6.8	7.2	5.6	4.6	6.4
	2.17	2.26	2.50	2.19	2.13	2.05	2.14	2.28	2.33	2.21	1.90	2.00	2.06
200	6.3	9.0	8.6	7.0	5.7	6.6	9.3	8.8	8.4	8.9	6.9	5.7	7.9
	2.08	2.16	2.39	2.09	2.05	1.96	2.05	2.18	2.23	2.12	1.83	1.92	1.98
Freq	8.0	10.1	8.8	5.7	3.5	5.1	9.1	11.7	12.9	9.4	7.7	7.9	100.0

Classe de rugosité 3

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	2.4	3.3	3.1	2.5	2.1	2.5	3.4	3.2	3.1	3.2	2.4	2.0	2.9
	1.64	1.77	1.95	1.69	1.62	1.58	1.67	1.75	1.79	1.68	1.47	1.53	1.63
25	3.1	4.4	4.1	3.3	2.7	3.3	4.5	4.2	4.1	4.2	3.2	2.7	3.8
	1.74	1.88	2.06	1.79	1.71	1.68	1.77	1.86	1.90	1.77	1.56	1.62	1.72
50	3.8	5.3	5.0	4.1	3.3	4.0	5.4	5.1	5.0	5.1	3.9	3.3	4.6
	1.89	2.04	2.24	1.95	1.86	1.82	1.92	2.02	2.06	1.93	1.69	1.76	1.85
100	4.6	6.4	6.0	4.9	4.0	4.9	6.6	6.2	6.0	6.2	4.8	4.0	5.6
	2.15	2.32	2.55	2.22	2.11	2.07	2.18	2.30	2.35	2.20	1.92	2.00	2.08
200	5.6	7.9	7.3	6.0	4.9	6.0	8.0	7.5	7.3	7.6	5.8	4.9	6.8
	2.07	2.24	2.46	2.14	2.04	2.00	2.10	2.21	2.26	2.12	1.85	1.93	2.01
Freq	7.9	10.4	8.5	5.3	3.5	5.5	9.7	12.0	12.6	9.3	7.6	7.9	100.0

z	Classe 0		Classe 1		Classe 2		Classe 3	
10	5.4	190	3.7	78	3.3	52	2.6	25
25	5.9	241	4.5	123	4.0	91	3.4	54
50	6.3	292	5.2	169	4.7	132	4.1	87
100	6.8	383	6.2	267	5.7	206	4.9	136
200	7.5	547	7.7	537	7.0	401	6.0	256

Reims

49° 18' 00'' N 04° 02' 00'' E

UTM 31 E 575128 m N 5461428 m

99 m a.n.m.

La station est située à 5 km environ au Nord du centre de Reims. La ville s'étend jusqu'à 2 km du site dans les secteurs Sud-Est à Sud-Ouest. Le terrain, relativement dégagé et légèrement ondulé, est caractérisé par de petits villages, de petites forêts et des rivières avec des arbres et des buissons le long des berges de la rivière.

L'anémomètre est installé au Sud-Ouest des pistes avec les bâtiments de l'aéroport apparaissant proches dans le secteur Sud Est et plus éloignés dans le secteur Nord-Ouest.

Sect	z01	x1	z02	x2	z03	x3	z04	x4	z05	x5	z06	Prc	Deg
0	0.01	600	0.20	2500	0.15							-3	
30	0.01	1750	0.07									-16	
60	0.01	2500	0.07									-6	
90	0.07											-8	
120	0.07												
150	0.07	2000	0.15	3000	0.40								
180	0.07	2000	0.60										
210	0.07	2000	0.45										
240	0.07	2300	0.25										
270	0.07												
300	0.03	500	0.07										
330	0.03	500	0.25	1500	0.20								

Hauteur de l'anémomètre: 11.5 m a.s.

Période: 70010103-78123121

Sect	Freq	<1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	8.7	138	131	178	169	160	105	57	38	13	10	1	0	0	0	4.0	1.90
30	7.5	165	191	214	144	88	73	57	33	19	13	2	0	0	0	3.4	1.42
60	5.5	236	224	221	137	87	46	28	10	4	4	2	0	0	0	2.8	1.45
90	6.0	190	178	222	178	117	72	29	7	3	3	0	0	0	0	3.2	1.78
120	4.7	196	187	214	160	99	69	45	20	5	4	1	0	0	0	3.2	1.58
150	8.3	131	130	172	188	155	102	59	25	22	14	0	0	0	0	4.1	1.89
180	7.9	137	110	141	144	133	123	85	58	27	31	7	2	0	0	4.7	1.80
210	11.6	90	109	138	148	140	106	94	69	45	43	15	1	1	0	5.1	1.79
240	14.3	87	118	161	161	139	104	78	58	39	38	13	4	1	0	4.8	1.66
270	9.0	112	118	152	165	135	121	75	52	30	30	9	0	0	0	4.6	1.75
300	7.4	137	148	195	185	126	83	50	34	20	16	4	2	0	0	3.9	1.60
330	9.3	107	145	229	216	151	77	40	18	8	8	0	0	0	0	3.7	1.94
Total	100.0	133	141	181	167	132	94	62	39	23	21	6	1	0	0	4.1	1.63

UTC	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Année
0	4.0	3.8	3.4	3.0	2.4	2.2	2.1	2.1	2.3	2.7	3.8	3.7	3.0
3	3.9	3.9	3.5	3.1	2.4	2.1	2.0	2.0	2.4	2.6	3.7	3.6	2.9
6	4.0	3.8	3.4	3.0	2.5	2.4	2.1	2.0	2.4	2.6	3.7	3.6	3.0
9	4.1	4.3	4.2	4.4	3.9	3.6	3.4	3.2	3.6	3.4	4.0	3.7	3.8
12	4.8	5.1	5.0	5.3	4.4	4.2	4.2	3.9	4.5	4.1	4.9	4.3	4.6
15	4.5	4.8	5.1	5.3	4.5	4.4	4.4	4.1	4.4	4.0	4.4	4.0	4.5
18	4.2	3.9	4.0	4.2	3.7	3.7	3.7	3.2	3.0	3.2	3.9	3.8	3.7
21	4.1	3.9	3.5	3.2	2.7	2.6	2.5	2.4	2.7	2.9	3.8	3.7	3.2
Jour	4.2	4.2	4.0	4.0	3.3	3.2	3.1	2.9	3.1	3.2	4.0	3.8	3.6

Classe de rugosité 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	6.0	5.8	4.6	4.8	5.1	6.3	7.3	8.2	7.9	7.3	6.2	5.9	6.5
	2.24	1.87	1.61	1.89	1.94	2.10	2.06	2.06	1.96	2.00	1.92	2.14	1.85
25	6.6	6.4	5.1	5.3	5.5	6.8	8.0	9.0	8.6	7.9	6.8	6.4	7.1
	2.31	1.93	1.66	1.95	2.00	2.16	2.13	2.11	2.01	2.06	1.98	2.20	1.90
50	7.1	6.9	5.5	5.7	5.9	7.3	8.6	9.6	9.2	8.5	7.3	6.9	7.7
	2.37	1.98	1.70	2.01	2.06	2.22	2.18	2.17	2.06	2.12	2.03	2.26	1.95
100	7.7	7.5	5.9	6.1	6.4	8.0	9.3	10.4	9.9	9.3	7.9	7.5	8.3
	2.30	1.92	1.65	1.94	1.99	2.15	2.12	2.11	2.01	2.05	1.97	2.19	1.90
200	8.5	8.2	6.5	6.8	7.1	8.8	10.3	11.3	10.9	10.2	8.7	8.3	9.1
	2.17	1.82	1.56	1.84	1.88	2.03	2.00	2.01	1.92	1.94	1.86	2.08	1.81
Freq	8.9	7.9	6.2	5.8	5.2	7.0	8.1	10.3	13.3	10.9	7.9	8.5	100.0

Classe de rugosité 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	4.3	4.0	2.9	3.6	3.5	4.5	5.3	5.8	5.4	4.9	4.1	4.1	4.5
	1.86	1.48	1.39	1.71	1.58	1.82	1.76	1.76	1.66	1.73	1.58	1.86	1.60
25	5.1	4.8	3.5	4.3	4.2	5.4	6.4	6.9	6.4	5.9	4.9	4.9	5.4
	2.01	1.60	1.49	1.85	1.70	1.97	1.90	1.87	1.77	1.86	1.71	2.01	1.71
50	5.9	5.6	4.1	5.0	4.8	6.3	7.4	7.9	7.4	6.9	5.7	5.7	6.3
	2.26	1.79	1.68	2.08	1.91	2.21	2.14	2.05	1.96	2.09	1.91	2.26	1.88
100	7.0	6.6	4.9	6.0	5.7	7.5	8.8	9.2	8.7	8.2	6.8	6.8	7.5
	2.40	1.91	1.78	2.21	2.03	2.36	2.28	2.20	2.09	2.23	2.04	2.40	2.01
200	8.7	8.2	6.1	7.4	7.1	9.3	10.9	11.2	10.6	10.2	8.4	8.4	9.2
	2.30	1.82	1.71	2.11	1.94	2.25	2.17	2.11	2.00	2.13	1.95	2.30	1.94
Freq	8.8	7.6	5.8	5.9	4.9	7.8	7.9	11.2	14.0	9.6	7.6	9.0	100.0

Classe de rugosité 2

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	3.7	3.3	2.5	3.2	3.0	4.0	4.7	5.0	4.6	4.3	3.5	3.6	3.9
	1.86	1.42	1.44	1.76	1.58	1.86	1.77	1.77	1.64	1.75	1.58	1.90	1.60
25	4.6	4.2	3.1	4.0	3.7	4.9	5.8	6.2	5.7	5.3	4.3	4.4	4.9
	1.99	1.52	1.53	1.88	1.68	1.99	1.89	1.87	1.74	1.87	1.69	2.03	1.69
50	5.4	4.9	3.7	4.7	4.4	5.8	6.8	7.2	6.7	6.2	5.1	5.2	5.7
	2.20	1.67	1.69	2.08	1.86	2.20	2.09	2.02	1.90	2.07	1.87	2.25	1.85
100	6.4	5.9	4.4	5.6	5.3	6.9	8.1	8.5	7.9	7.4	6.1	6.2	6.8
	2.42	1.84	1.86	2.29	2.05	2.42	2.30	2.22	2.08	2.27	2.06	2.47	2.02
200	8.0	7.3	5.4	6.9	6.5	8.6	10.0	10.3	9.6	9.2	7.6	7.7	8.4
	2.32	1.76	1.78	2.19	1.96	2.32	2.20	2.14	2.00	2.17	1.97	2.36	1.96
Freq	8.7	7.4	5.6	5.9	4.8	8.2	7.9	11.5	14.2	9.1	7.4	9.2	100.0

Classe de rugosité 3

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	2.9	2.6	2.0	2.5	2.5	3.2	3.7	3.9	3.6	3.3	2.8	2.8	3.1
	1.83	1.44	1.44	1.76	1.61	1.82	1.77	1.75	1.66	1.71	1.64	1.90	1.61
25	3.9	3.5	2.6	3.3	3.3	4.2	4.9	5.2	4.8	4.3	3.7	3.8	4.1
	1.94	1.53	1.53	1.86	1.70	1.93	1.88	1.84	1.75	1.82	1.73	2.01	1.69
50	4.7	4.2	3.2	4.1	4.0	5.1	6.0	6.2	5.8	5.2	4.4	4.5	5.0
	2.11	1.66	1.66	2.02	1.85	2.10	2.03	1.96	1.88	1.97	1.88	2.19	1.81
100	5.6	5.2	3.9	4.9	4.8	6.2	7.2	7.4	7.0	6.3	5.4	5.5	6.0
	2.40	1.88	1.88	2.30	2.10	2.38	2.31	2.20	2.13	2.25	2.14	2.49	2.04
200	6.9	6.3	4.8	6.0	5.9	7.5	8.7	8.9	8.4	7.7	6.6	6.7	7.3
	2.31	1.82	1.82	2.22	2.03	2.30	2.23	2.15	2.06	2.17	2.06	2.40	1.99
Freq	8.5	7.4	5.4	5.9	5.1	8.2	8.3	11.9	13.7	8.9	7.5	9.3	100.0

z	Classe 0		Classe 1		Classe 2		Classe 3	
10	5.8	246	4.1	102	3.5	67	2.8	32
25	6.3	313	4.9	159	4.4	117	3.7	70
50	6.8	377	5.6	218	5.1	169	4.4	112
100	7.4	492	6.6	338	6.1	259	5.3	173
200	8.1	694	8.2	661	7.4	493	6.5	320

Saint Etienne

45° 32' 00'' N 04° 18' 00'' E UTM 31 E 601509 m N 5043116 m 402 m a.n.m.

La station est située au Nord-Est du Massif Central, 50 km au Sud-Ouest de Lyon et 15 km au Nord-Ouest de la ville de St. Etienne. L'aéroport est situé à l'extrémité Sud de la plaine du Forez orientée Nord – Sud où coule la Loire. La plaine est limitée à l'Ouest par le Mont du Forez qui culmine à 1600 m; à l'Est par le Mont du Lyonnais avec 1000 m et au Sud par la partie Est du massif qui atteint approximativement 1800 m. L'élévation à partir du niveau de la vallée commence à 4 km environ du site dans les secteurs Nord-Est à Sud-Ouest. La plaine s'étend approximativement sur 10 km à l'Ouest. Le terrain dans la vallée est caractérisé par la présence de nombreux villages, de petites régions forestières et beaucoup de ceintures d'obstacles. L'anémomètre est installé à l'Ouest des pistes avec des constructions proches situées dans les secteurs allant du Nord-Est à l'Ouest.

Sect	z01	x1	z02	x2	z03	x3	z04	x4	z05	x5	z06	Prc	Deg
0	0.03	500	0.07	2000	0.30							-18	
30	0.01	750	0.15	3500	0.25							-26	
60	0.01	700	0.07	2500	0.30							-14	
90	0.01	600	0.20	2000	0.30							-24	
120	0.01	600	0.20	1700	0.40							-26	
150	0.03	200	0.10	2000	0.30							-1	
180	0.03	500	0.10	2000	0.30								
210	0.07	750	0.25										
240	0.07	750	0.40										
270	0.07	750	0.40	2500	0.25								
300	0.03	300	0.07	1000	0.25								
330	0.03	500	0.15										

Hauteur de l'anémomètre: 10.0 m a.s. Période: 75010103-84123121

Sect	Freq	< 1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	13.9	149	186	189	170	139	82	44	23	13	4	0	0	0	0	3.6	1.76
30	5.3	341	227	177	113	77	28	19	10	6	2	0	0	1	0	2.3	1.24
60	2.9	500	254	120	76	30	11	6	2	0	0	1	0	0	0	1.5	1.11
90	2.8	537	263	121	40	22	14	2	0	1	0	0	0	0	0	1.4	1.12
120	6.4	334	320	187	81	45	19	6	2	1	3	2	1	0	0	2.0	1.18
150	17.8	204	285	226	149	78	29	14	6	4	4	2	0	0	0	2.6	1.46
180	16.0	160	194	182	159	103	65	48	39	20	19	7	3	0	0	3.6	1.39
210	8.5	212	165	136	135	123	95	61	34	18	16	5	0	1	0	3.8	1.53
240	4.6	362	202	139	109	84	48	31	10	8	6	1	0	0	0	2.4	1.20
270	3.7	416	271	151	71	54	21	8	5	1	1	0	0	0	0	1.8	1.17
300	6.0	314	267	190	97	58	41	19	6	5	3	0	0	0	0	2.3	1.26
330	12.3	163	202	195	160	122	84	44	22	6	3	0	0	0	0	3.4	1.69
Total	100.0	240	229	182	134	93	54	31	18	9	7	2	1	0	0	2.9	1.35

UTC	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Année
0	2.3	2.3	2.4	2.0	1.8	1.5	1.4	1.5	2.0	2.2	2.5	2.6	2.0
3	2.3	2.4	2.4	2.0	1.8	1.5	1.5	1.4	2.0	2.1	2.4	2.6	2.0
6	2.4	2.3	2.4	1.8	1.8	1.5	1.5	1.3	1.8	2.0	2.3	2.5	2.0
9	2.6	2.7	2.9	3.1	2.8	2.5	2.5	2.1	2.3	2.6	2.3	2.7	2.6
12	3.0	3.5	3.8	4.0	3.5	3.2	3.4	3.0	3.1	3.3	3.0	3.2	3.3
15	3.2	3.5	3.9	4.4	3.6	3.8	3.7	3.5	3.3	3.3	3.1	3.0	3.5
18	2.6	2.7	2.9	3.4	3.3	3.2	3.6	2.9	2.5	2.5	2.7	2.6	2.9
21	2.5	2.4	2.3	2.1	2.0	1.7	1.7	1.5	1.8	2.2	2.5	2.5	2.1
Jour	2.6	2.7	2.9	2.8	2.6	2.4	2.4	2.2	2.4	2.5	2.6	2.7	2.6

Classe de rugosité 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	6.4	6.1	3.8	2.8	4.1	4.7	5.3	6.1	5.5	3.6	3.6	5.1	5.2
	1.98	1.81	1.31	1.29	1.35	1.65	1.59	1.69	1.60	1.31	1.43	1.86	1.58
25	7.0	6.7	4.2	3.0	4.5	5.1	5.9	6.7	6.0	3.9	4.0	5.5	5.7
	2.04	1.86	1.35	1.33	1.38	1.71	1.64	1.74	1.65	1.35	1.47	1.92	1.63
50	7.5	7.2	4.5	3.3	4.8	5.5	6.3	7.2	6.5	4.2	4.3	5.9	6.1
	2.09	1.91	1.38	1.36	1.42	1.75	1.69	1.78	1.69	1.39	1.51	1.97	1.67
100	8.1	7.8	4.9	3.5	5.2	5.9	6.8	7.8	7.0	4.6	4.6	6.4	6.6
	2.03	1.85	1.34	1.32	1.38	1.69	1.63	1.73	1.64	1.35	1.46	1.90	1.62
200	9.0	8.6	5.3	3.9	5.7	6.6	7.5	8.5	7.7	5.0	5.0	7.1	7.3
	1.92	1.75	1.27	1.25	1.31	1.61	1.55	1.64	1.55	1.28	1.38	1.81	1.54
Freq	13.1	8.9	4.0	2.8	4.8	12.9	17.1	11.6	6.2	4.1	5.0	9.7	100.0

Classe de rugosité 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	4.7	3.8	2.2	1.9	2.9	3.2	3.9	4.3	3.3	2.3	2.6	3.7	3.6
	1.70	1.38	1.07	1.12	1.16	1.43	1.37	1.48	1.25	1.15	1.26	1.65	1.36
25	5.6	4.6	2.7	2.4	3.5	3.9	4.7	5.2	4.0	2.8	3.1	4.4	4.3
	1.84	1.48	1.15	1.21	1.25	1.54	1.48	1.59	1.35	1.23	1.36	1.77	1.46
50	6.5	5.4	3.2	2.8	4.1	4.5	5.5	6.1	4.7	3.3	3.7	5.1	5.0
	2.06	1.67	1.29	1.35	1.40	1.73	1.65	1.78	1.51	1.38	1.52	1.99	1.62
100	7.8	6.4	3.8	3.4	4.9	5.4	6.6	7.3	5.7	4.0	4.4	6.1	6.0
	2.20	1.77	1.37	1.43	1.49	1.84	1.76	1.90	1.60	1.46	1.62	2.12	1.71
200	9.6	8.0	4.7	4.2	6.1	6.7	8.2	9.0	7.0	4.9	5.5	7.6	7.4
	2.10	1.69	1.31	1.37	1.42	1.76	1.68	1.81	1.53	1.40	1.55	2.03	1.64
Freq	13.4	6.7	3.4	2.8	5.7	15.9	16.5	9.7	5.2	3.8	5.6	11.3	100.0

Classe de rugosité 2

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	4.2	3.2	1.8	1.7	2.6	2.8	3.5	3.8	2.7	1.9	2.2	3.2	3.1
	1.74	1.32	1.07	1.14	1.20	1.44	1.37	1.50	1.23	1.14	1.24	1.67	1.36
25	5.2	3.9	2.2	2.2	3.2	3.5	4.3	4.8	3.4	2.4	2.8	4.0	3.9
	1.86	1.41	1.14	1.22	1.28	1.54	1.47	1.60	1.31	1.21	1.33	1.78	1.44
50	6.1	4.7	2.7	2.6	3.9	4.1	5.1	5.7	4.1	2.9	3.3	4.7	4.6
	2.06	1.56	1.26	1.34	1.41	1.70	1.62	1.77	1.44	1.34	1.47	1.97	1.58
100	7.3	5.6	3.2	3.2	4.7	4.9	6.2	6.8	4.9	3.5	4.0	5.7	5.5
	2.26	1.71	1.38	1.47	1.54	1.87	1.77	1.94	1.58	1.46	1.61	2.17	1.72
200	8.9	6.9	4.0	3.9	5.7	6.1	7.6	8.3	6.1	4.3	4.9	7.0	6.8
	2.17	1.63	1.32	1.41	1.48	1.78	1.70	1.86	1.51	1.40	1.54	2.07	1.65
Freq	13.5	5.9	3.2	2.8	6.0	17.1	16.3	8.9	4.8	3.8	5.8	11.9	100.0

Classe de rugosité 3

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	3.3	2.2	1.3	1.4	2.0	2.2	2.8	3.1	2.0	1.6	1.9	2.6	2.4
	1.73	1.23	1.13	1.12	1.21	1.42	1.40	1.52	1.20	1.23	1.33	1.70	1.37
25	4.4	3.0	1.8	1.9	2.7	2.9	3.8	4.0	2.7	2.1	2.5	3.5	3.2
	1.83	1.29	1.19	1.18	1.27	1.51	1.49	1.60	1.26	1.29	1.40	1.79	1.44
50	5.3	3.7	2.2	2.3	3.3	3.6	4.6	4.9	3.3	2.6	3.1	4.2	4.0
	1.99	1.40	1.29	1.28	1.38	1.63	1.61	1.74	1.37	1.40	1.52	1.95	1.55
100	6.4	4.5	2.7	2.8	4.0	4.4	5.6	6.0	4.1	3.2	3.8	5.1	4.8
	2.27	1.59	1.46	1.45	1.57	1.86	1.83	1.98	1.55	1.59	1.73	2.22	1.73
200	7.8	5.4	3.2	3.4	4.9	5.3	6.8	7.3	4.9	3.8	4.6	6.2	5.9
	2.19	1.53	1.41	1.40	1.51	1.79	1.77	1.91	1.50	1.53	1.67	2.14	1.68
Freq	13.4	5.2	2.8	2.9	7.3	17.7	15.4	8.2	4.6	3.9	6.4	12.1	100.0

z	Classe 0		Classe 1		Classe 2		Classe 3	
10	4.6	153	3.3	67	2.8	44	2.2	21
25	5.1	193	3.9	102	3.5	75	2.9	45
50	5.4	232	4.5	137	4.1	107	3.6	71
100	5.9	308	5.4	213	4.9	163	4.3	109
200	6.5	445	6.7	433	6.0	322	5.3	206

Saint Yan

46° 25' 00'' N 04° 01' 00'' E UTM 31 E 578133 m N 5140944 m 244 m a.n.m.

La station est située à 40 km au Nord du Massif Central, dans la vallée de la Loire. Le terrain ondulé de la plaine (plaine de la Loire et de l'Allier) est caractérisé par beaucoup de villages, des zones boisées éparpillées et par de nombreuses ceintures d'obstacles. L'aéroport est situé 2 km à l'Est de la rivière sur un terrain plat. Le terrain est ondulé à l'Est du site et sur 4 km à l'Ouest. L'anémomètre est installé à l'Est de la piste avec les bâtiments de l'aéroport avoisinant situés dans le secteur Sud-Est.

Sect	z01	x1	z02	x2	z03	x3	z04	x4	z05	x5	z06	Prc	Deg
0	0.01	200	0.15	1500	0.30								
30	0.01	150	0.40	350	0.15	1300	0.30						
60	0.40	250	0.15	1000	0.35								
90	0.40	350	0.35										
120	0.30	250	0.07	1000	0.30								
150	0.30												
180	0.01	1000	0.07	2500	0.30								
210	0.01	1000	0.15	2000	0.30								
240	0.01	1000	0.30										
270	0.01	1200	0.30										
300	0.01	1600	0.25										
330	0.01	1200	0.20										

Hauteur de l'anémomètre: 10.7 m a.s. Période: 75010106-84123121

Sect	Freq	<1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	8.6	254	201	182	138	108	66	22	18	5	3	2	0	0	0	2.9	1.47
30	6.9	315	221	185	110	78	44	28	14	3	2	1	0	0	0	2.5	1.31
60	8.0	343	301	187	77	51	21	10	4	5	0	0	0	0	0	2.0	1.26
90	7.5	439	343	152	50	11	4	1	0	0	0	0	0	0	0	1.5	1.47
120	5.1	509	341	104	37	7	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1.3	1.40
150	6.2	442	329	124	48	26	13	6	2	4	4	2	1	0	0	1.6	1.00
180	10.5	294	238	154	95	66	47	36	22	19	18	8	1	2	0	2.7	1.05
210	10.1	252	194	151	128	92	68	38	25	22	20	6	1	1	1	3.2	1.23
240	7.5	273	152	168	123	91	71	53	33	17	15	2	1	0	0	3.2	1.33
270	8.5	243	147	133	117	113	86	65	39	25	23	6	0	1	0	3.8	1.44
300	10.0	196	142	161	152	127	98	52	34	15	16	6	0	0	0	3.8	1.59
330	11.1	197	166	178	161	127	84	43	25	8	8	1	0	0	0	3.5	1.65
Total	100.0	296	221	159	109	81	55	32	20	11	10	3	0	0	0	2.7	1.19

UTC	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Année
0	2.8	2.3	2.5	1.9	1.6	1.3	1.2	1.1	1.3	1.6	1.9	2.6	1.8
3	2.7	2.2	2.6	1.6	1.6	1.1	1.1	1.0	1.3	1.6	1.9	2.4	1.8
6	2.6	2.3	2.1	1.7	1.6	1.3	1.4	1.0	1.3	1.6	1.9	2.2	1.8
9	2.7	2.7	3.3	3.4	3.0	2.7	2.6	2.3	2.1	2.2	2.1	2.5	2.6
12	3.6	3.6	4.3	4.2	3.6	3.5	3.4	3.2	3.1	3.0	3.0	3.3	3.5
15	3.4	3.6	4.4	4.4	3.8	3.7	3.7	3.4	3.1	3.0	2.9	3.1	3.5
18	2.8	2.4	2.9	3.2	2.6	2.8	3.0	2.3	1.9	2.0	2.2	2.4	2.5
21	2.9	2.4	2.5	2.3	1.8	1.4	1.4	1.0	1.5	1.8	2.1	2.6	2.0
Jour	2.9	2.7	3.1	2.8	2.5	2.2	2.3	1.9	2.0	2.1	2.2	2.6	2.4

Classe de rugosité 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	5.1	4.9	4.2	3.5	2.8	2.9	3.8	4.5	4.8	5.4	5.6	5.3	4.5
	1.80	1.62	1.49	1.54	1.62	1.16	1.19	1.33	1.49	1.64	1.80	1.92	1.47
25	5.6	5.4	4.7	3.8	3.0	3.2	4.2	5.0	5.3	5.9	6.1	5.8	4.9
	1.86	1.66	1.54	1.59	1.67	1.19	1.23	1.37	1.54	1.69	1.86	1.98	1.52
50	6.0	5.8	5.0	4.1	3.3	3.5	4.5	5.3	5.7	6.4	6.6	6.2	5.3
	1.90	1.71	1.58	1.63	1.71	1.23	1.25	1.41	1.58	1.74	1.91	2.03	1.55
100	6.5	6.3	5.4	4.4	3.5	3.7	4.9	5.8	6.2	6.9	7.2	6.7	5.8
	1.85	1.65	1.53	1.58	1.66	1.19	1.22	1.37	1.52	1.68	1.85	1.97	1.51
200	7.2	6.9	5.9	4.9	3.9	4.1	5.3	6.3	6.8	7.6	7.9	7.4	6.3
	1.75	1.57	1.45	1.50	1.57	1.13	1.15	1.29	1.45	1.59	1.75	1.86	1.44
Freq	9.5	7.6	7.4	7.6	6.3	5.7	8.8	10.4	8.6	8.1	9.4	10.6	100.0

Classe de rugosité 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	3.5	3.3	2.8	2.3	1.8	2.0	2.6	3.2	3.3	3.8	3.8	3.6	3.1
	1.48	1.32	1.27	1.36	1.38	0.98	1.03	1.18	1.29	1.41	1.56	1.62	1.26
25	4.3	4.0	3.4	2.7	2.2	2.5	3.2	3.9	4.1	4.6	4.6	4.3	3.7
	1.59	1.42	1.37	1.47	1.49	1.05	1.11	1.27	1.39	1.52	1.68	1.75	1.35
50	5.0	4.7	4.0	3.2	2.6	3.0	3.8	4.6	4.8	5.4	5.4	5.0	4.4
	1.79	1.59	1.53	1.64	1.67	1.17	1.23	1.42	1.56	1.70	1.88	1.97	1.51
100	5.9	5.6	4.7	3.8	3.0	3.6	4.6	5.5	5.7	6.5	6.4	5.9	5.3
	1.90	1.69	1.63	1.75	1.77	1.24	1.31	1.51	1.65	1.81	2.01	2.10	1.60
200	7.4	6.9	5.9	4.8	3.8	4.5	5.7	6.8	7.1	8.0	8.0	7.4	6.5
	1.82	1.62	1.56	1.67	1.69	1.19	1.25	1.44	1.58	1.73	1.92	2.00	1.53
Freq	8.9	7.2	7.7	7.5	5.7	5.9	10.0	10.2	7.9	8.4	9.8	10.9	100.0

Classe de rugosité 2

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	3.1	2.9	2.4	2.0	1.5	1.8	2.4	2.9	3.0	3.4	3.4	3.1	2.7
	1.46	1.31	1.26	1.40	1.36	0.99	1.05	1.22	1.33	1.42	1.57	1.63	1.27
25	3.8	3.6	3.0	2.4	1.9	2.3	3.0	3.6	3.7	4.2	4.2	3.8	3.4
	1.56	1.40	1.35	1.49	1.45	1.05	1.12	1.30	1.42	1.52	1.68	1.75	1.35
50	4.6	4.3	3.5	2.9	2.3	2.8	3.6	4.3	4.4	5.0	4.9	4.5	4.0
	1.73	1.55	1.49	1.65	1.60	1.15	1.23	1.43	1.57	1.68	1.86	1.93	1.48
100	5.5	5.1	4.3	3.5	2.7	3.4	4.3	5.2	5.3	6.0	5.9	5.4	4.8
	1.89	1.70	1.63	1.81	1.76	1.26	1.35	1.57	1.72	1.84	2.04	2.12	1.62
200	6.7	6.3	5.2	4.3	3.3	4.2	5.3	6.4	6.5	7.4	7.3	6.7	6.0
	1.81	1.63	1.56	1.73	1.68	1.21	1.29	1.51	1.65	1.76	1.95	2.03	1.55
Freq	8.6	7.0	7.9	7.5	5.4	6.1	10.4	10.1	7.7	8.4	9.9	11.0	100.0

Classe de rugosité 3

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	2.5	2.2	1.9	1.5	1.2	1.5	1.9	2.3	2.4	2.7	2.6	2.4	2.1
	1.47	1.29	1.27	1.46	1.29	1.02	1.06	1.24	1.35	1.45	1.59	1.63	1.28
25	3.3	2.9	2.5	2.0	1.6	2.1	2.5	3.1	3.2	3.6	3.5	3.2	2.8
	1.55	1.36	1.35	1.54	1.37	1.07	1.12	1.31	1.42	1.53	1.69	1.73	1.35
50	4.0	3.6	3.0	2.4	1.9	2.6	3.1	3.8	3.8	4.3	4.2	3.9	3.5
	1.69	1.48	1.46	1.67	1.48	1.16	1.21	1.42	1.54	1.66	1.83	1.88	1.45
100	4.8	4.4	3.7	2.9	2.3	3.2	3.9	4.6	4.7	5.3	5.1	4.7	4.2
	1.92	1.67	1.66	1.90	1.68	1.31	1.37	1.61	1.76	1.89	2.08	2.13	1.63
200	5.9	5.4	4.5	3.6	2.9	3.9	4.7	5.7	5.7	6.4	6.3	5.8	5.2
	1.85	1.62	1.60	1.83	1.62	1.26	1.32	1.55	1.69	1.82	2.01	2.06	1.58
Freq	8.4	6.9	7.9	7.5	5.1	6.7	10.4	9.9	7.6	8.6	10.1	10.7	100.0

z	Classe 0		Classe 1		Classe 2		Classe 3	
10	4.1	115	2.9	52	2.5	34	2.0	16
25	4.5	145	3.4	79	3.1	58	2.6	35
50	4.8	174	4.0	103	3.6	81	3.2	54
100	5.2	231	4.7	159	4.3	122	3.8	81
200	5.7	337	5.9	325	5.4	242	4.6	155

Toul

48° 47' 00" N 05° 59' 00" E UTM 31 E 719150 m N 5407771 m 298 m a.n.m.

Situé à l'Est de la France, à 15 km au Nord-Ouest de la ville de Nancy. Le terrain est ondulé et a beaucoup de régions boisées. L'anémomètre est installé à l'Ouest des pistes de l'aérodrome avec de grands bâtiments proches dans les secteurs Ouest, Nord-Ouest et Nord.

Sect	z01	x1	z02	x2	z03	x3	z04	x4	z05	x5	z06	Prc	Deg
0	0.01	150	0.35										
30	0.01	1500	0.07	3000	0.35								
60	0.01	1250	0.15										
90	0.01	1250	0.05	2500	0.35								
120	0.01	700	0.07	1300	0.60								
150	0.01	1000	0.60										
180	0.01	1250	0.15										
210	0.01	1600	0.20										
240	0.01	150	0.15	1000	0.30								
270	0.01	150	0.60	2000	0.15								
300	0.01	100	0.50	2500	0.20								
330	0.01	100	0.50	2500	0.30								

Hauteur de l'anémomètre: 12.0 m a.s. Période: 75021300–79123121

Sect	Freq	<1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	5.4	161	212	274	175	86	47	22	15	4	1	1	1	0	0	3.0	1.63
30	13.2	55	113	192	191	174	118	69	36	23	22	7	1	0	0	4.5	1.87
60	13.9	63	76	159	176	184	131	68	55	36	39	12	2	0	0	5.0	1.89
90	4.5	119	160	176	187	151	68	59	35	21	25	0	0	0	0	4.0	1.71
120	2.3	232	193	263	162	76	37	21	9	3	0	0	0	0	3	2.9	1.44
150	3.3	211	187	240	137	102	63	33	13	4	4	4	0	0	0	3.0	1.47
180	9.8	134	177	184	153	107	78	62	45	23	25	7	3	2	0	3.9	1.43
210	16.4	100	163	170	127	122	94	72	55	42	41	11	4	0	0	4.5	1.57
240	13.2	107	172	202	165	124	95	52	35	18	21	6	2	0	0	3.9	1.56
270	8.6	121	217	254	194	97	63	32	13	3	5	0	0	0	0	3.2	1.72
300	5.6	167	219	293	176	95	23	15	8	4	1	0	0	0	0	2.9	1.82
330	3.9	211	231	316	154	68	15	6	0	0	0	0	0	0	0	2.6	2.08
Total	100.0	114	161	207	166	128	85	52	35	21	22	6	2	0	0	3.9	1.54

UTC	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Année
0	4.3	3.9	3.6	3.2	3.2	2.5	2.0	2.0	2.1	2.4	3.3	3.9	3.0
3	4.2	4.1	3.6	3.0	3.0	2.5	2.0	2.0	2.1	2.5	3.2	3.8	3.0
6	4.1	4.0	3.6	3.0	3.5	3.0	2.3	2.3	2.1	2.6	3.2	4.1	3.1
9	4.2	4.3	4.5	4.4	4.5	4.0	3.3	3.4	3.4	3.4	3.7	4.3	3.9
12	4.8	4.8	5.2	4.8	4.9	4.4	3.7	3.8	4.0	4.1	4.4	4.7	4.4
15	4.3	4.5	4.8	4.9	4.7	4.3	3.7	3.8	3.8	3.7	3.9	4.1	4.2
18	4.0	3.8	3.8	3.7	3.7	3.7	2.8	2.8	2.4	2.7	3.5	4.0	3.4
21	3.9	3.9	3.6	3.2	3.2	2.6	2.1	2.3	2.2	2.5	3.4	3.8	3.0
Jour	4.2	4.2	4.1	3.8	3.8	3.4	2.7	2.8	2.8	3.0	3.6	4.1	3.5

Classe de rugosité 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	5.6	6.3	6.8	6.5	5.1	4.6	5.5	6.3	6.6	6.5	6.0	5.4	6.2
	1.98	2.13	2.18	2.12	1.77	1.70	1.68	1.79	1.81	1.89	2.03	2.21	1.90
25	6.2	6.9	7.4	7.1	5.6	5.1	6.1	6.8	7.3	7.2	6.6	5.9	6.8
	2.04	2.20	2.25	2.19	1.83	1.75	1.73	1.85	1.87	1.95	2.09	2.28	1.96
50	6.6	7.4	7.9	7.6	6.0	5.4	6.5	7.4	7.8	7.7	7.1	6.4	7.3
	2.09	2.26	2.31	2.24	1.88	1.79	1.77	1.90	1.92	2.00	2.15	2.34	2.01
100	7.2	8.0	8.6	8.2	6.5	5.9	7.1	8.0	8.5	8.4	7.7	6.9	7.9
	2.03	2.19	2.24	2.17	1.82	1.74	1.72	1.84	1.86	1.94	2.08	2.27	1.95
200	7.9	8.9	9.5	9.1	7.1	6.5	7.8	8.8	9.3	9.2	8.4	7.7	8.7
	1.92	2.07	2.12	2.06	1.73	1.65	1.63	1.74	1.76	1.83	1.97	2.15	1.85
Freq	4.8	10.2	13.7	8.2	3.2	2.9	7.1	13.7	14.3	10.4	6.9	4.6	100.0

Classe de rugosité 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Tbtotal
10	4.0	4.4	4.8	4.2	3.3	3.2	3.8	4.4	4.7	4.4	4.1	3.7	4.3
	1.62	1.82	1.85	1.73	1.42	1.42	1.42	1.53	1.53	1.63	1.73	1.93	1.60
25	4.8	5.3	5.8	5.1	3.9	3.9	4.6	5.3	5.6	5.3	4.9	4.5	5.2
	1.74	1.97	1.99	1.86	1.54	1.54	1.52	1.65	1.65	1.76	1.87	2.08	1.73
50	5.6	6.1	6.7	5.9	4.6	4.5	5.4	6.2	6.6	6.2	5.7	5.2	6.0
	1.96	2.21	2.24	2.09	1.72	1.72	1.71	1.85	1.85	1.97	2.10	2.34	1.94
100	6.6	7.3	7.9	7.0	5.5	5.4	6.4	7.3	7.8	7.4	6.8	6.1	7.2
	2.09	2.36	2.39	2.23	1.83	1.83	1.82	1.98	1.97	2.10	2.24	2.49	2.06
200	8.2	9.1	9.9	8.7	6.8	6.7	8.0	9.1	9.7	9.2	8.4	7.6	8.9
	1.99	2.25	2.28	2.13	1.75	1.75	1.74	1.88	1.88	2.00	2.13	2.38	1.97
Freq	5.2	12.2	13.8	5.9	2.6	3.1	8.8	15.4	13.4	9.3	6.1	4.2	100.0

Classe de rugosité 2

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	3.5	3.9	4.2	3.6	2.8	2.9	3.3	3.9	4.1	3.9	3.5	3.2	3.8
	1.61	1.85	1.84	1.70	1.43	1.48	1.41	1.54	1.53	1.69	1.76	1.92	1.61
25	4.3	4.8	5.2	4.4	3.5	3.5	4.2	4.8	5.1	4.8	4.4	4.0	4.7
	1.73	1.98	1.97	1.81	1.53	1.58	1.51	1.65	1.64	1.81	1.88	2.06	1.72
50	5.1	5.6	6.1	5.2	4.1	4.2	4.9	5.7	6.0	5.7	5.1	4.6	5.5
	1.91	2.19	2.18	2.01	1.69	1.74	1.67	1.83	1.81	2.00	2.08	2.28	1.90
100	6.1	6.7	7.3	6.2	4.9	5.0	5.9	6.8	7.2	6.8	6.1	5.5	6.6
	2.10	2.41	2.40	2.20	1.85	1.92	1.83	2.01	1.99	2.20	2.29	2.50	2.08
200	7.5	8.3	9.0	7.7	6.1	6.2	7.3	8.4	8.9	8.4	7.6	6.8	8.1
	2.01	2.31	2.30	2.11	1.77	1.83	1.75	1.92	1.90	2.10	2.19	2.40	1.99
Freq	5.3	12.9	13.9	5.0	2.4	3.2	9.4	16.0	13.1	8.8	5.9	4.1	100.0

Classe de rugosité 3

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Tbtotal
10	2.8	3.1	3.3	2.7	2.1	2.3	2.7	3.1	3.3	3.0	2.8	2.5	3.0
	1.66	1.86	1.85	1.68	1.38	1.42	1.45	1.56	1.54	1.71	1.80	1.99	1.62
25	3.7	4.1	4.4	3.6	2.8	3.0	3.6	4.1	4.3	4.0	3.7	3.3	3.9
	1.76	1.97	1.96	1.77	1.47	1.50	1.53	1.65	1.63	1.81	1.91	2.11	1.72
50	4.5	4.9	5.3	4.4	3.4	3.7	4.4	4.9	5.2	4.9	4.4	4.0	4.8
	1.91	2.14	2.13	1.93	1.59	1.63	1.66	1.79	1.77	1.97	2.07	2.29	1.86
100	5.5	5.9	6.4	5.3	4.1	4.5	5.3	6.0	6.3	5.9	5.3	4.8	5.8
	2.18	2.44	2.43	2.20	1.81	1.85	1.89	2.04	2.02	2.24	2.36	2.61	2.11
200	6.7	7.3	7.8	6.5	5.1	5.4	6.5	7.3	7.7	7.2	6.5	5.9	7.0
	2.10	2.35	2.34	2.12	1.74	1.79	1.82	1.97	1.95	2.16	2.28	2.51	2.03
Freq	6.2	13.2	13.2	4.3	2.4	3.8	10.3	15.8	12.8	8.5	5.5	4.0	100.0

z	Classe 0		Classe 1		Classe 2		Classe 3	
10	5.5	205	3.9	86	3.4	57	2.7	27
25	6.0	261	4.6	134	4.2	99	3.5	59
50	6.5	316	5.3	184	4.9	143	4.2	95
100	7.0	416	6.3	289	5.8	222	5.1	147
200	7.8	595	7.9	582	7.2	433	6.2	278

Toulouse

43° 32' 00" N 01° 22' 00" E UTM 31 E 368019 m N 4821426 m 166 m a.n.m.

Le station est située au Sud de la France, à 50 km au Nord du pied des Pyrénées et à 8 km au Sud-Ouest du centre de la ville de Toulouse. Le terrain est plat sur une distance de 10 km dans tous les secteurs à l'exception du secteur Sud-Est (5 km). La banlieue s'étend jusqu'aux limites de l'aérodrome sur la plupart des secteurs. L'anémomètre est installé au Sud-Est de l'aérodrome avec les bâtiments de l'aéroport éloignés de plus de 250 m dans les secteurs Sud-Ouest-Ouest.

Sect	z01	x1	z02	x2	z03	x3	z04	x4	z05	x5	z06	Prc	Deg
0	0.01	700	0.30	3500	0.20								
30	0.01	800	0.30	2750	0.45								
60	0.01	900	0.20	2200	0.45								
90	0.01	350	0.07	2000	0.35								
120	0.01	200	0.10	2200	0.35							-7	
150	0.01	150	0.07	1100	0.30							-5	
180	0.07	2700	0.30										
210	0.07												
240	0.01	300	0.40	1000	0.30							-6	
270	0.01	500	0.30	3500	0.07							-3	
300	0.01	1600	0.30										
330	0.01	1000	0.30										

Hauteur de l'anémomètre: 11.0 m a.s. Période: 70010103-79123121

Sect	Freq	<1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	4.5	276	229	245	133	69	27	12	5	3	1	0	0	0	0	2.5	1.58
30	2.4	463	231	171	99	23	9	1	1	1	0	0	0	0	0	1.7	1.31
60	2.3	431	250	174	102	28	7	3	3	0	1	0	0	0	0	1.8	1.32
90	3.8	314	176	170	110	69	54	37	26	19	21	2	1	0	0	2.8	1.17
120	10.1	111	91	110	142	143	127	101	63	48	43	14	5	0	1	5.3	1.86
150	8.9	149	148	161	143	147	114	60	43	16	13	4	0	0	0	4.1	1.78
180	7.2	260	333	262	94	33	11	5	1	0	0	0	0	0	0	2.1	1.69
210	7.8	265	352	286	78	15	4	0	0	0	0	0	0	0	0	2.0	1.98
240	7.7	189	244	214	144	92	57	27	14	12	6	0	0	0	0	3.0	1.46
270	19.1	70	80	138	172	160	136	96	65	37	37	6	2	0	0	5.1	2.02
300	17.6	81	88	137	163	165	141	94	60	38	26	4	1	0	0	5.0	2.10
330	8.5	151	176	195	166	131	80	46	26	13	14	3	0	0	0	3.6	1.61
Total	100.0	165	167	176	142	116	90	59	38	23	20	4	1	0	0	3.8	1.52

UTC	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Année
0	3.1	3.5	3.4	3.3	3.1	2.7	2.5	2.4	2.2	2.7	2.8	3.0	2.9
3	3.0	3.4	3.2	3.1	2.7	2.5	2.4	2.1	2.1	2.6	2.7	2.8	2.7
6	3.0	3.6	3.1	3.2	2.8	2.5	2.3	2.1	2.0	2.7	2.7	2.7	2.7
9	3.0	3.9	3.9	4.4	3.7	3.3	3.2	3.1	2.9	3.3	3.0	3.0	3.4
12	4.1	5.0	5.0	5.0	4.3	3.9	3.8	3.8	3.7	4.3	4.0	3.9	4.2
15	4.2	5.2	5.0	5.3	4.5	4.1	4.2	4.0	3.7	4.3	4.1	3.8	4.4
18	3.3	4.1	4.0	4.4	4.0	4.0	4.0	3.7	2.9	3.1	3.1	3.1	3.6
21	3.2	3.8	3.4	3.8	3.2	2.9	2.8	2.7	2.3	2.8	2.9	2.9	3.1
Jour	3.3	4.1	3.9	4.1	3.5	3.2	3.2	3.0	2.7	3.2	3.2	3.1	3.4

Classe de rugosité 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	4.6	3.2	2.7	4.1	8.6	8.1	4.8	3.2	4.3	7.5	7.5	6.4	6.2
	1.74	1.69	1.52	1.29	1.88	2.04	1.53	2.13	1.50	2.22	2.42	2.17	1.69
25	5.0	3.5	2.9	4.5	9.4	8.9	5.3	3.5	4.7	8.2	8.2	7.0	6.8
	1.80	1.74	1.57	1.33	1.92	2.09	1.58	2.20	1.54	2.29	2.49	2.24	1.72
50	5.4	3.8	3.1	4.8	10.1	9.5	5.7	3.8	5.0	8.8	8.8	7.5	7.3
	1.85	1.79	1.62	1.37	1.97	2.15	1.62	2.26	1.58	2.35	2.56	2.30	1.76
100	5.8	4.1	3.4	5.2	10.8	10.3	6.1	4.1	5.4	9.6	9.5	8.2	7.8
	1.79	1.73	1.56	1.33	1.94	2.10	1.57	2.18	1.54	2.27	2.48	2.23	1.73
200	6.4	4.6	3.7	5.7	11.7	11.2	6.7	4.6	6.0	10.6	10.6	9.0	8.6
	1.69	1.64	1.48	1.26	1.87	2.00	1.49	2.07	1.46	2.15	2.35	2.11	1.67
Freq	6.1	3.3	2.4	3.2	7.7	9.3	7.7	7.5	7.9	14.8	18.2	12.0	100.0

Classe de rugosité 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	2.8	2.0	1.9	3.0	6.5	5.3	2.8	2.2	3.4	5.4	5.1	4.1	4.3
	1.47	1.33	1.29	1.13	1.78	1.74	1.34	1.81	1.35	1.95	2.05	1.69	1.49
25	3.4	2.4	2.2	3.6	7.6	6.3	3.3	2.7	4.1	6.5	6.1	4.9	5.1
	1.58	1.44	1.38	1.22	1.86	1.88	1.44	1.95	1.46	2.10	2.22	1.82	1.58
50	4.0	2.8	2.6	4.3	8.7	7.3	3.9	3.1	4.8	7.5	7.1	5.7	6.0
	1.78	1.61	1.55	1.36	1.99	2.11	1.61	2.19	1.63	2.37	2.49	2.05	1.71
100	4.8	3.4	3.2	5.2	9.9	8.7	4.7	3.7	5.7	8.9	8.4	6.8	7.1
	1.89	1.71	1.65	1.44	2.14	2.25	1.72	2.34	1.74	2.52	2.65	2.18	1.81
200	5.9	4.2	3.9	6.4	11.7	10.8	5.8	4.5	7.1	11.1	10.4	8.4	8.7
	1.81	1.63	1.58	1.38	2.07	2.15	1.64	2.23	1.66	2.40	2.53	2.08	1.77
Freq	5.1	2.7	2.3	3.6	9.1	9.1	7.4	7.7	7.7	17.6	17.9	9.8	100.0

Classe de rugosité 2

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	2.4	1.6	1.6	2.7	5.7	4.4	2.2	1.9	3.1	4.8	4.4	3.4	3.7
	1.51	1.31	1.30	1.16	1.82	1.74	1.43	1.90	1.40	1.97	2.05	1.62	1.49
25	3.0	2.1	2.1	3.4	7.0	5.5	2.8	2.4	3.8	5.9	5.4	4.2	4.6
	1.61	1.40	1.39	1.23	1.90	1.86	1.52	2.03	1.49	2.11	2.20	1.74	1.57
50	3.5	2.5	2.4	4.0	8.1	6.5	3.3	2.8	4.6	6.9	6.4	5.0	5.4
	1.78	1.54	1.53	1.36	2.01	2.06	1.69	2.24	1.65	2.33	2.43	1.92	1.69
100	4.2	2.9	2.9	4.9	9.3	7.7	3.9	3.3	5.5	8.2	7.6	5.9	6.5
	1.96	1.69	1.68	1.49	2.20	2.26	1.85	2.47	1.81	2.56	2.67	2.11	1.81
200	5.2	3.6	3.6	6.0	11.0	9.5	4.8	4.1	6.7	10.2	9.4	7.3	7.9
	1.87	1.62	1.61	1.42	2.13	2.17	1.77	2.36	1.73	2.45	2.56	2.02	1.78
Freq	4.7	2.5	2.3	3.7	9.6	9.0	7.3	7.8	7.6	18.6	17.8	8.9	100.0

Classe de rugosité 3

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	1.8	1.3	1.4	2.4	4.5	3.3	1.7	1.6	2.7	3.8	3.4	2.6	2.9
	1.51	1.31	1.22	1.20	1.83	1.70	1.71	1.73	1.53	2.01	2.04	1.60	1.51
25	2.4	1.7	1.9	3.2	5.8	4.3	2.2	2.1	3.6	4.9	4.5	3.4	3.9
	1.60	1.39	1.29	1.27	1.89	1.80	1.81	1.83	1.62	2.13	2.16	1.69	1.58
50	2.9	2.1	2.3	4.0	6.9	5.3	2.7	2.5	4.4	6.0	5.4	4.2	4.7
	1.74	1.51	1.39	1.37	1.99	1.96	1.96	1.98	1.76	2.31	2.35	1.84	1.67
100	3.5	2.5	2.8	4.9	8.2	6.4	3.3	3.1	5.3	7.2	6.6	5.0	5.7
	1.98	1.71	1.58	1.56	2.16	2.23	2.24	2.26	2.00	2.63	2.68	2.09	1.83
200	4.3	3.1	3.4	5.9	9.7	7.8	4.0	3.8	6.5	8.8	8.0	6.1	6.9
	1.91	1.65	1.52	1.50	2.16	2.15	2.15	2.18	1.93	2.53	2.58	2.02	1.81
Freq	4.3	2.4	2.4	4.1	10.1	8.9	7.3	7.6	8.6	19.2	16.9	8.2	100.0

z	Classe 0		Classe 1		Classe 2		Classe 3	
10	5.5	235	3.9	96	3.4	64	2.7	30
25	6.0	300	4.6	151	4.1	111	3.5	66
50	6.5	361	5.3	209	4.9	162	4.2	106
100	7.0	469	6.3	321	5.8	247	5.1	166
200	7.7	656	7.8	624	7.1	467	6.2	303

Vichy

46° 10' 00" N 03° 24' 00" E UTM 31 E 530881 m N 5112740 m 251 m a.n.m.

La station est située dans la vallée où coule la rivière de l’Allier, à la limite Nord du Massif Central et à 5 km au Nord-Nord-Ouest de la ville de Vichy où se rejoignent les plaines de Limagne, de la Loire et de l’Allier. La première plaine est limitée à l’Ouest par les Monts d’Auvergne (jusqu’à 1900 m d’altitude) et à l’Est par le Mont du Forez qui culmine à 1600 m. La plaine est large de 30 km dans une direction Ouest–Est. Les distances de l’aéroport aux pieds des montagnes sont approximativement de 10 km à l’Est et 20 km à l’Ouest. L’apparence fermée du terrain est due à la présence de nombreux villages, forêts et ceintures d’obstacles. L’anémomètre est installé à l’Est des pistes et 75 m au Nord-Ouest de la rivière. Il n’y a aucun obstacle à moins de 250 m du site.

Sect	z01	x1	z02	x2	z03	x3	z04	x4	z05	x5	z06	Prc	Deg
0	0.01	750	0.07										
30	0.01	300	0.25										
60	0.30												
90	0.15	1000	0.25										
120	0.07	500	0.25										
150	0.10	700	0.20	2500	0.40								
180	0.10	600	0.20	2500	0.30								
210	0.15	2000	0.30										
240	0.01	750	0.30										
270	0.01	500	0.20										
300	0.01	500	0.07	2000	0.20								
330	0.01	800	0.25										

Hauteur de l’anémomètre: 10.0 m a.s. Période: 77010103–85123121

Sect	Freq	<1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	11.9	159	196	238	185	109	59	30	13	7	4	1	0	0	0	3.2	1.68
30	8.5	180	218	241	185	93	47	21	11	2	1	0	0	0	0	3.0	1.76
60	4.3	271	243	225	150	67	27	13	3	0	1	0	0	0	0	2.5	1.61
90	2.6	494	225	145	71	44	18	1	0	1	0	0	0	0	0	1.6	1.18
120	2.0	571	251	107	45	16	4	2	2	0	2	0	0	0	0	1.2	1.03
150	6.2	280	246	209	122	56	37	26	13	5	2	2	1	0	0	2.5	1.28
180	19.5	153	282	271	136	73	38	22	14	6	3	1	0	0	0	2.8	1.49
210	16.0	204	299	227	115	63	41	25	19	3	4	0	0	0	0	2.6	1.36
240	8.2	247	225	165	107	88	70	44	31	14	8	1	0	0	0	3.0	1.30
270	5.9	252	184	144	131	109	78	46	30	14	9	3	1	0	0	3.3	1.41
300	6.8	242	181	145	138	129	83	45	19	9	7	2	0	0	0	3.3	1.54
330	8.0	190	207	180	164	120	72	36	19	9	1	0	0	0	0	3.3	1.67
Total	100.0	217	240	213	139	85	51	28	16	6	4	1	0	0	0	2.8	1.44

UTC	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Année
0	2.6	2.3	2.3	2.1	1.6	1.4	1.3	1.2	1.5	1.8	2.2	2.7	1.9
3	2.5	2.3	2.4	2.0	1.7	1.5	1.4	1.3	1.6	1.8	2.2	2.5	1.9
6	2.6	2.3	2.3	2.1	1.8	1.7	1.4	1.4	1.5	1.9	2.2	2.5	2.0
9	2.7	2.6	3.4	3.6	2.7	2.5	2.3	2.2	2.3	2.5	2.5	2.8	2.7
12	3.5	3.3	4.3	4.4	3.3	3.3	3.0	2.9	3.0	3.0	3.1	3.5	3.4
15	3.4	3.7	4.4	4.6	3.4	3.5	3.6	3.3	3.3	3.1	3.0	3.2	3.5
18	2.5	2.6	3.0	3.7	2.8	3.1	3.2	2.7	2.1	2.0	2.1	2.4	2.7
21	2.5	2.3	2.4	2.1	1.7	1.5	1.5	1.3	1.3	1.8	2.1	2.6	1.9
Jour	2.8	2.7	3.1	3.1	2.4	2.3	2.2	2.1	2.1	2.2	2.4	2.8	2.5

Classe de rugosité 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	4.7	4.7	4.8	4.0	2.5	4.2	4.9	4.8	4.6	4.8	5.1	5.0	4.7
	1.98	2.01	1.96	1.63	1.26	1.41	1.71	1.66	1.56	1.57	1.77	1.90	1.70
25	5.2	5.2	5.3	4.4	2.8	4.6	5.4	5.3	5.1	5.3	5.6	5.4	5.2
	2.04	2.07	2.03	1.68	1.30	1.46	1.76	1.71	1.61	1.62	1.82	1.97	1.75
50	5.6	5.6	5.7	4.7	3.0	5.0	5.8	5.7	5.5	5.7	6.0	5.9	5.6
	2.09	2.12	2.08	1.72	1.33	1.49	1.80	1.76	1.65	1.66	1.87	2.02	1.79
100	6.0	6.0	6.2	5.1	3.2	5.4	6.3	6.1	5.9	6.2	6.5	6.3	6.0
	2.03	2.06	2.01	1.67	1.29	1.45	1.75	1.70	1.60	1.61	1.81	1.96	1.74
200	6.6	6.7	6.8	5.6	3.5	5.9	6.9	6.8	6.5	6.8	7.2	7.0	6.6
	1.92	1.95	1.90	1.58	1.23	1.37	1.65	1.61	1.52	1.52	1.72	1.85	1.65
Freq	10.3	9.9	6.1	3.3	2.3	4.4	13.7	17.5	11.8	6.9	6.4	7.5	100.0

Classe de rugosité 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	3.2	3.4	3.4	2.4	1.7	3.0	3.4	3.3	3.2	3.5	3.5	3.4	3.3
	1.67	1.70	1.61	1.25	1.08	1.25	1.46	1.37	1.30	1.37	1.51	1.62	1.43
25	3.9	4.1	4.1	2.9	2.0	3.7	4.1	4.0	3.8	4.2	4.2	4.1	3.9
	1.80	1.84	1.73	1.35	1.16	1.35	1.58	1.47	1.40	1.47	1.62	1.75	1.54
50	4.5	4.7	4.8	3.4	2.4	4.3	4.8	4.6	4.5	4.9	4.9	4.8	4.6
	2.02	2.06	1.95	1.51	1.30	1.51	1.77	1.65	1.56	1.65	1.82	1.96	1.73
100	5.3	5.6	5.6	4.0	2.9	5.2	5.7	5.5	5.4	5.8	5.9	5.7	5.5
	2.15	2.20	2.07	1.61	1.38	1.60	1.88	1.75	1.67	1.76	1.94	2.09	1.84
200	6.7	6.9	7.0	5.0	3.6	6.4	7.1	6.8	6.7	7.2	7.3	7.1	6.8
	2.06	2.10	1.98	1.54	1.32	1.53	1.80	1.67	1.59	1.68	1.85	2.00	1.76
Freq	11.4	8.9	4.9	2.9	2.1	5.5	17.2	16.6	9.7	6.3	6.7	7.8	100.0

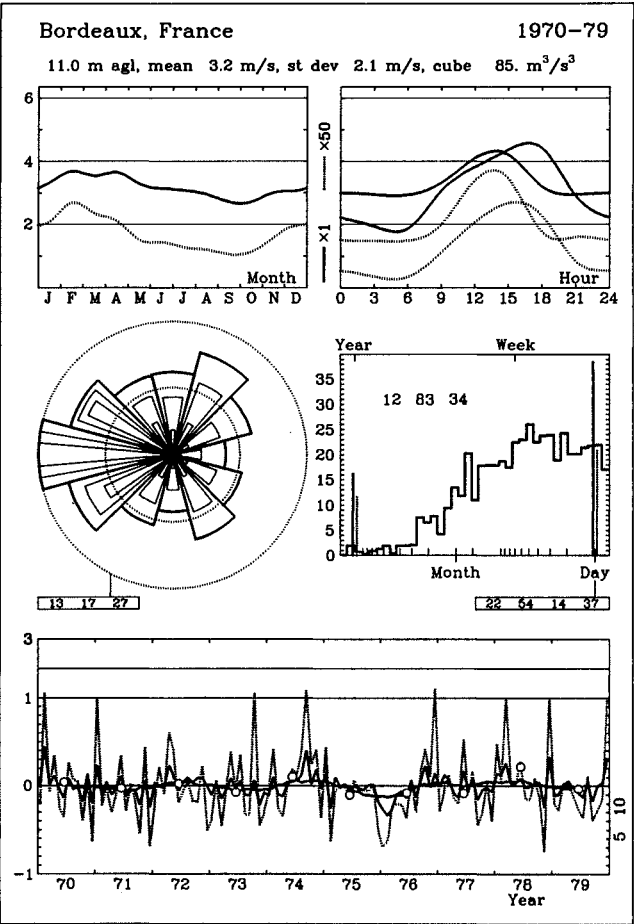
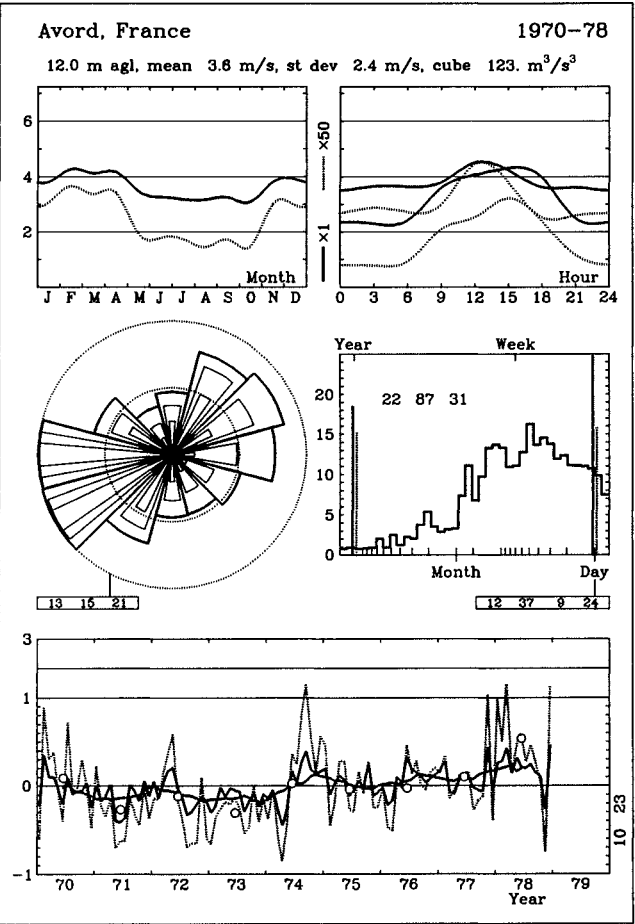
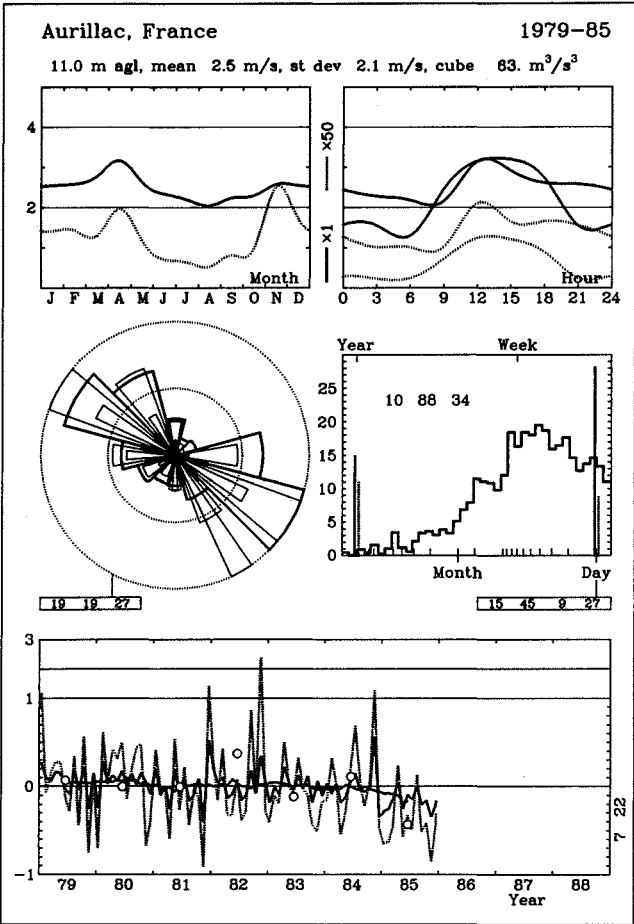
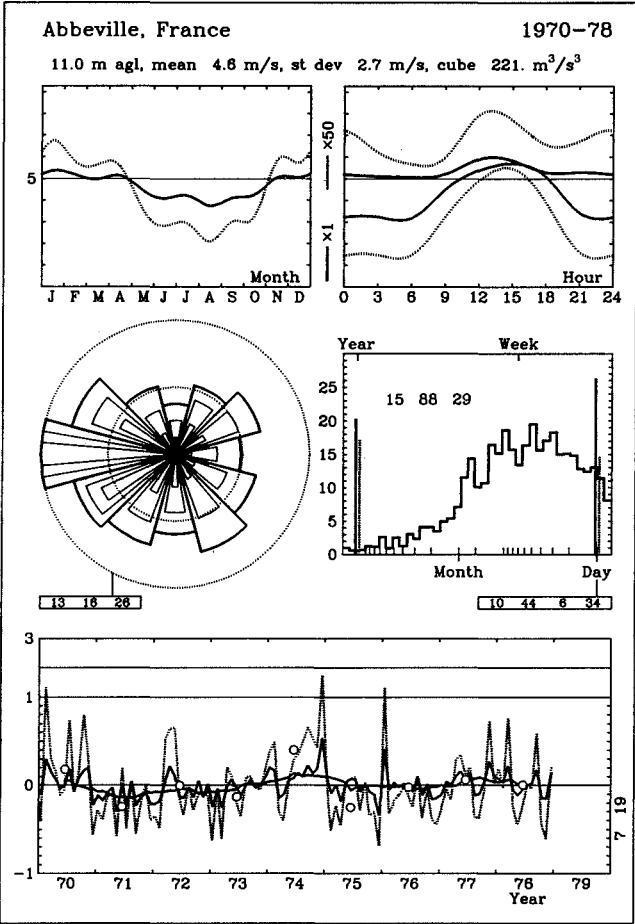
Classe de rugosité 2

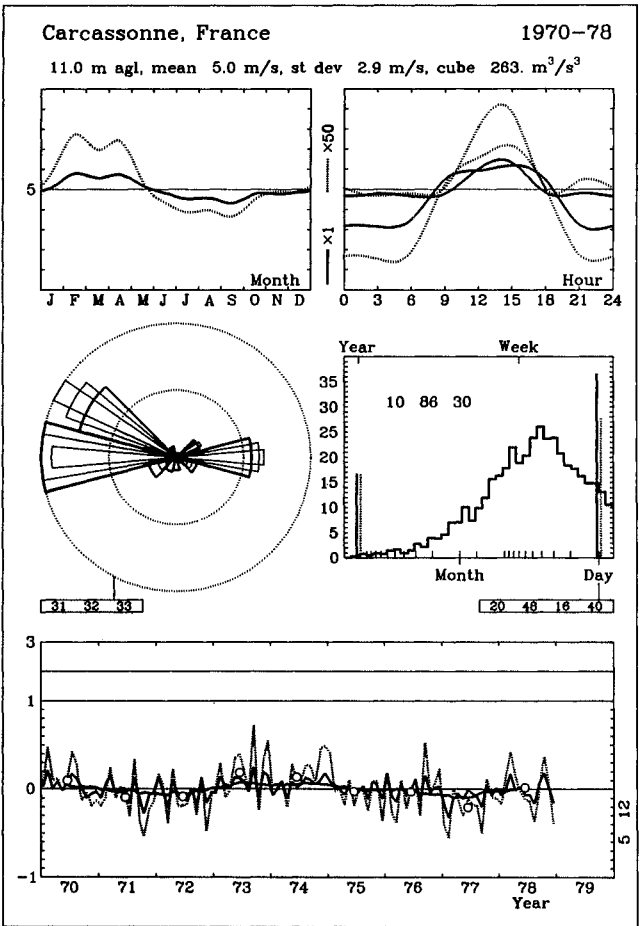
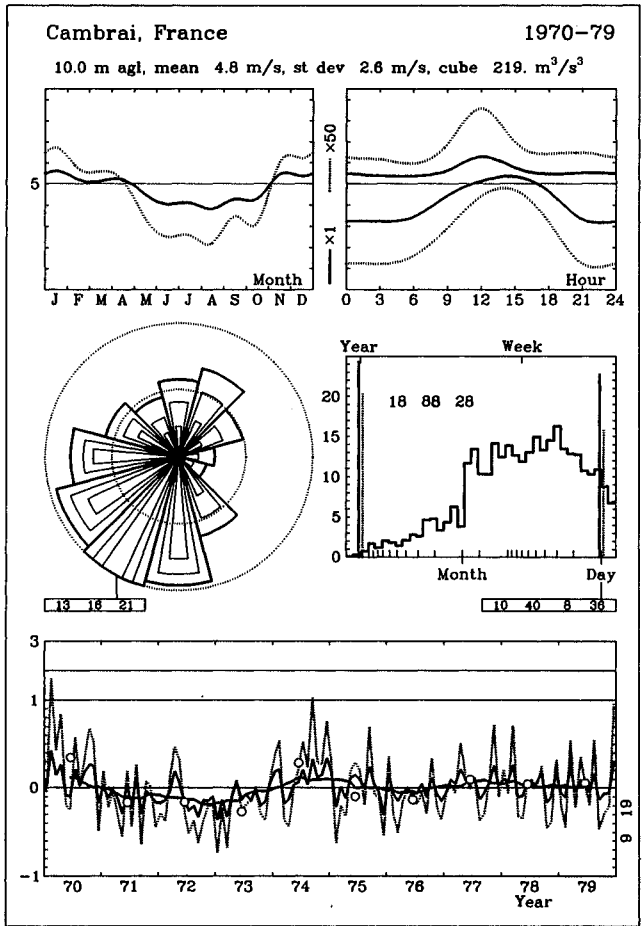
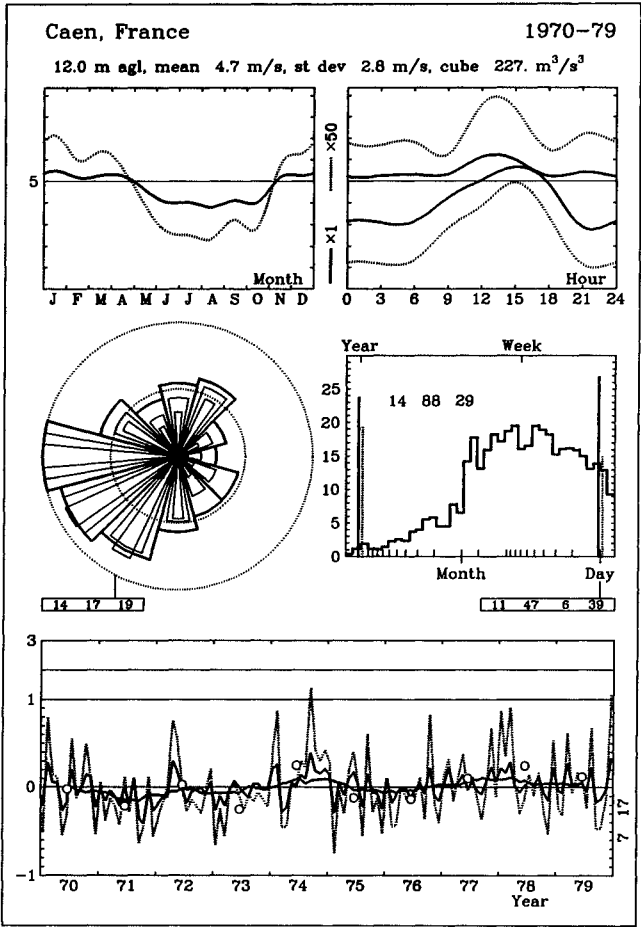
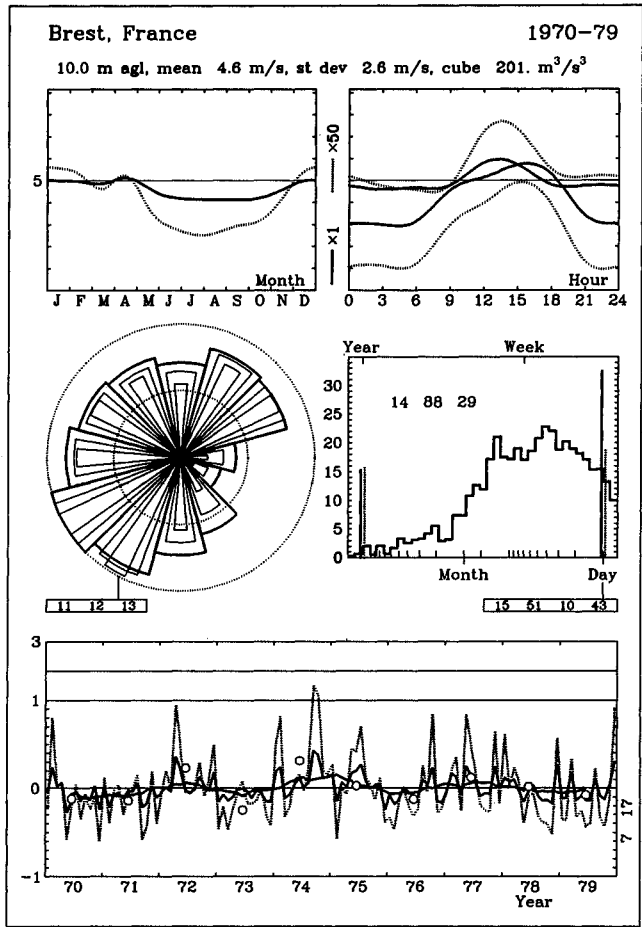
z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	2.8	3.0	3.0	1.9	1.4	2.7	3.0	2.9	2.8	3.1	3.1	3.0	2.9
	1.70	1.75	1.61	1.21	1.04	1.26	1.45	1.36	1.31	1.39	1.52	1.64	1.44
25	3.5	3.7	3.7	2.4	1.7	3.4	3.7	3.6	3.5	3.8	3.8	3.7	3.6
	1.81	1.87	1.72	1.29	1.11	1.35	1.55	1.45	1.40	1.49	1.63	1.76	1.53
50	4.1	4.3	4.3	2.9	2.1	4.0	4.3	4.2	4.2	4.5	4.5	4.4	4.2
	2.01	2.07	1.90	1.42	1.22	1.49	1.71	1.60	1.55	1.64	1.80	1.94	1.69
100	4.9	5.2	5.2	3.4	2.5	4.8	5.2	5.1	5.0	5.4	5.4	5.3	5.0
	2.20	2.27	2.08	1.56	1.33	1.63	1.88	1.76	1.70	1.80	1.98	2.13	1.86
200	6.1	6.4	6.4	4.2	3.1	5.9	6.4	6.2	6.1	6.7	6.6	6.5	6.2
	2.11	2.17	2.00	1.49	1.28	1.56	1.80	1.68	1.63	1.73	1.89	2.04	1.78
Freq	11.7	8.6	4.5	2.8	2.1	5.9	18.5	16.2	9.0	6.1	6.8	7.9	100.0

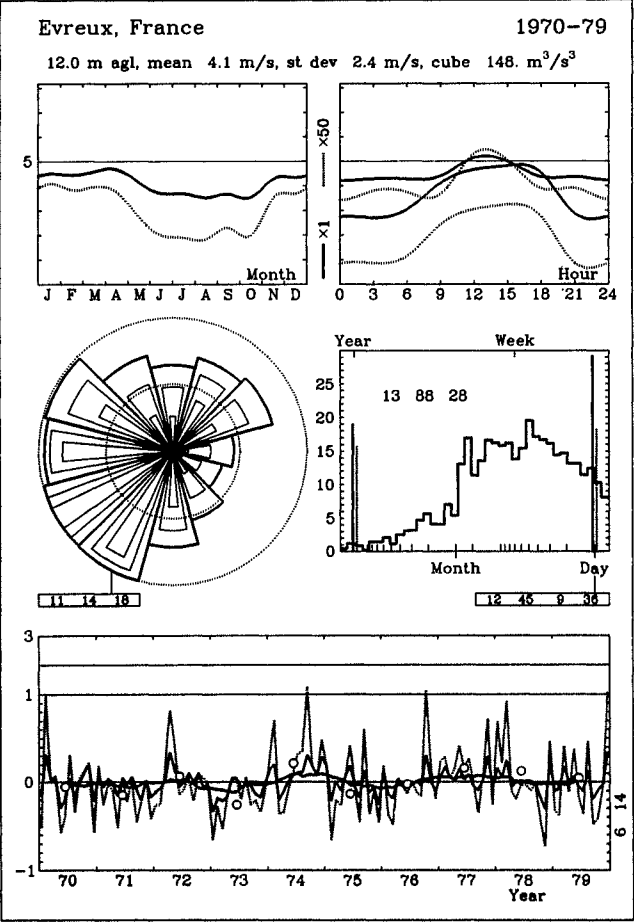
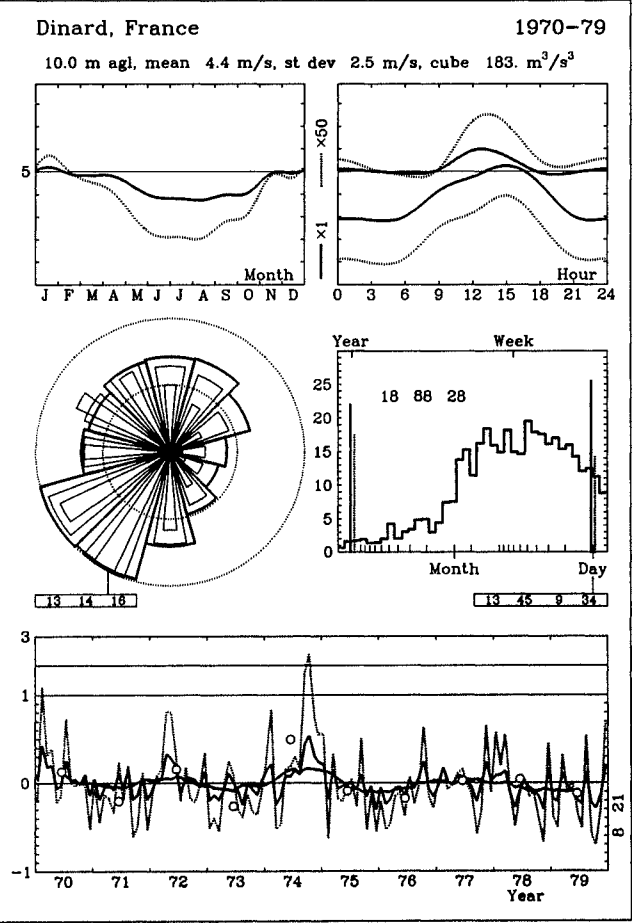
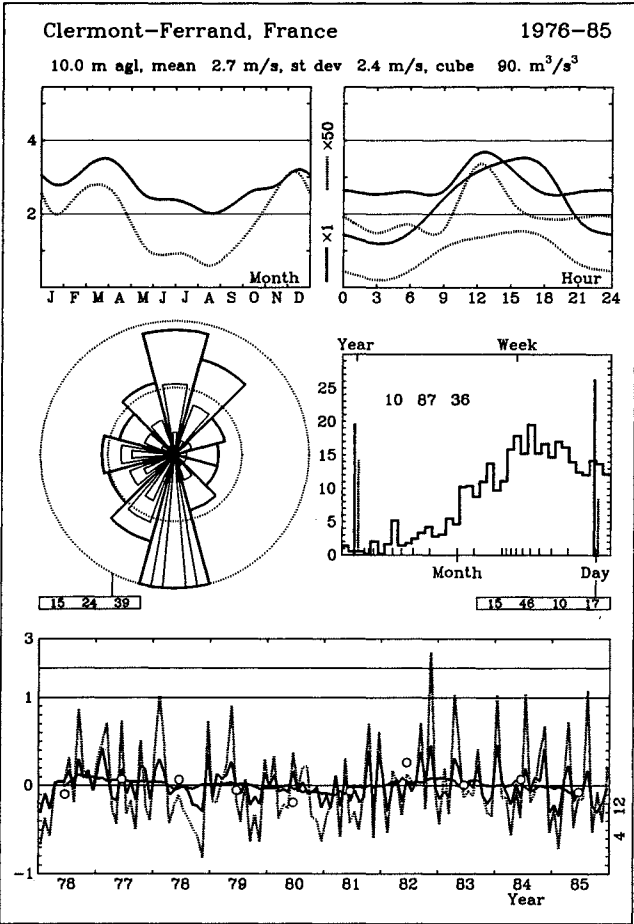
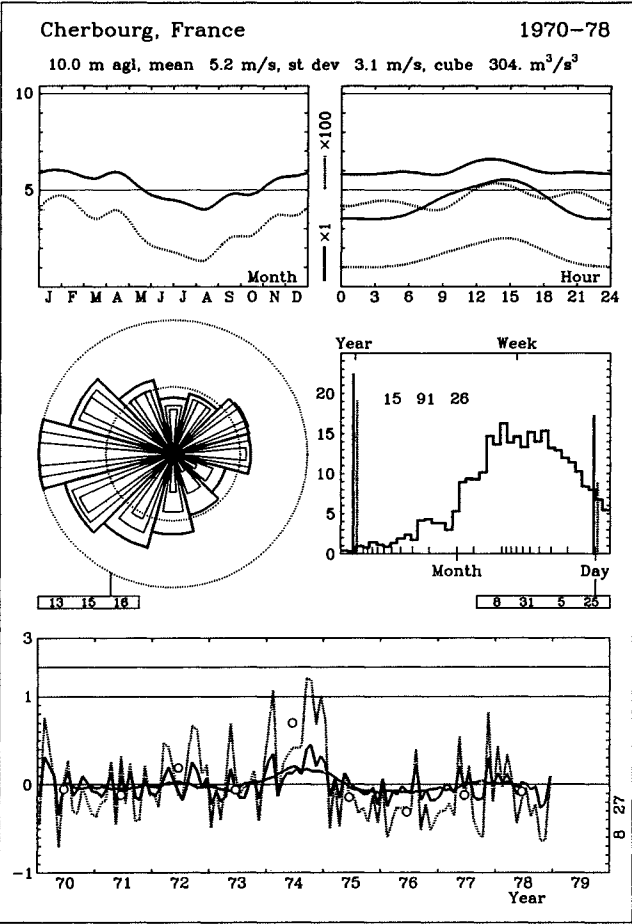
Classe de rugosité 3

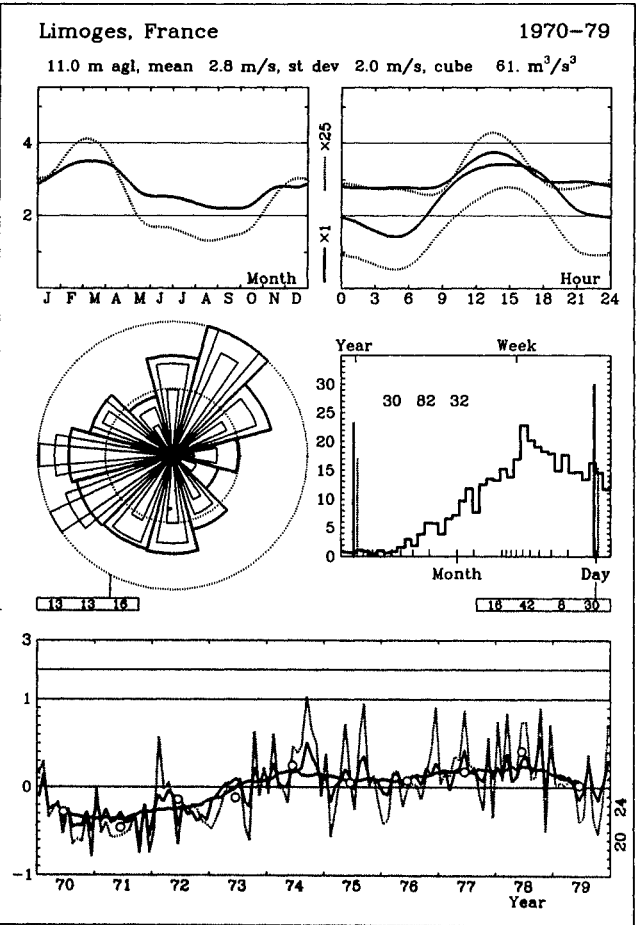
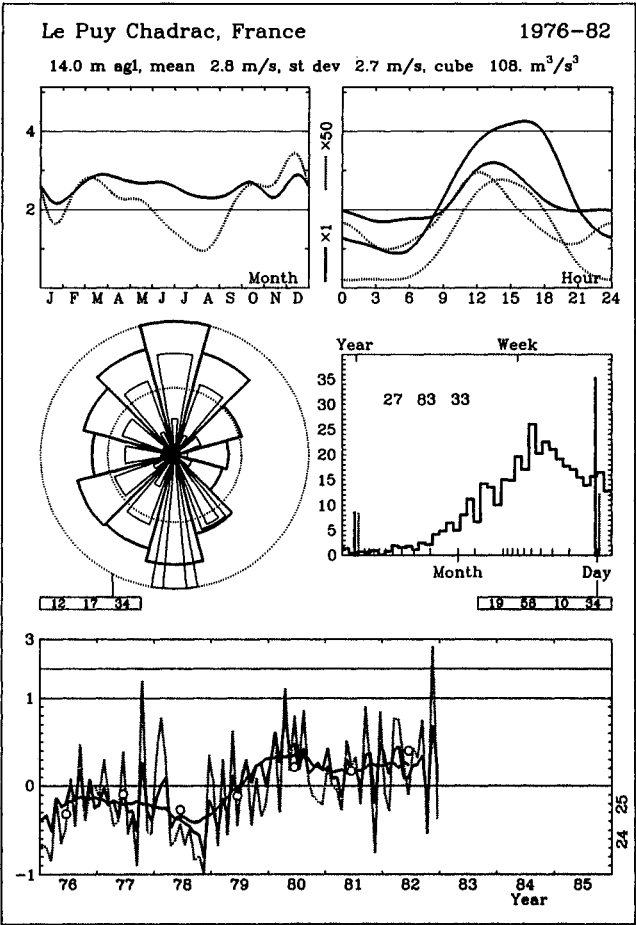
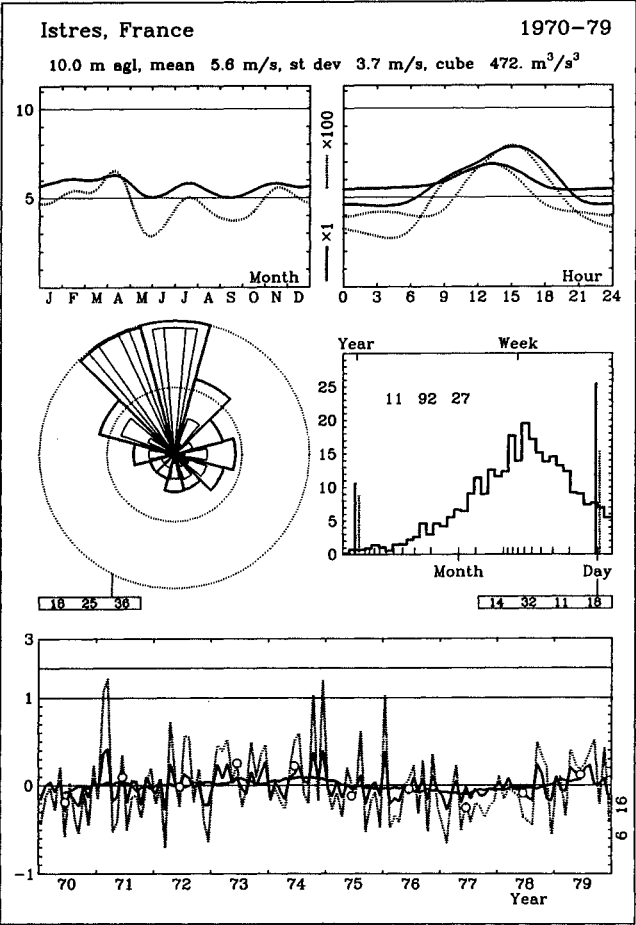
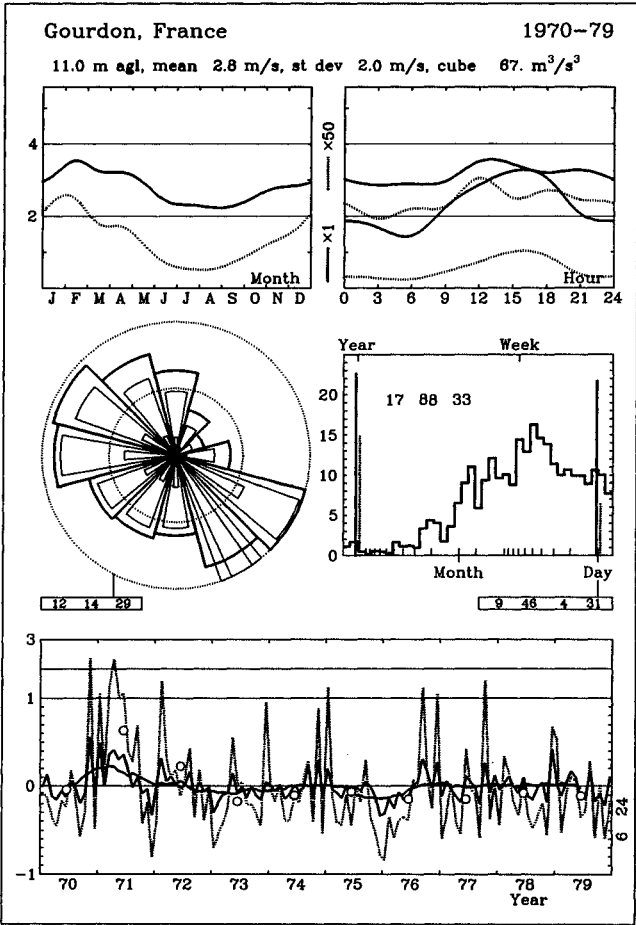
z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	2.2	2.4	2.3	1.4	1.2	2.2	2.4	2.3	2.2	2.5	2.4	2.3	2.3
	1.65	1.74	1.56	1.18	1.04	1.30	1.49	1.35	1.31	1.42	1.54	1.64	1.44
25	2.9	3.1	3.1	1.9	1.6	2.9	3.1	3.0	2.9	3.3	3.2	3.1	3.0
	1.75	1.84	1.65	1.24	1.10	1.37	1.58	1.43	1.38	1.50	1.63	1.73	1.53
50	3.5	3.8	3.7	2.3	2.0	3.5	3.8	3.6	3.6	4.0	3.9	3.8	3.6
	1.90	2.00	1.79	1.35	1.19	1.49	1.71	1.55	1.50	1.63	1.77	1.88	1.65
100	4.3	4.6	4.5	2.8	2.5	4.3	4.6	4.4	4.4	4.8	4.7	4.5	4.4
	2.17	2.28	2.05	1.52	1.35	1.69	1.95	1.76	1.71	1.85	2.02	2.14	1.88
200	5.2	5.6	5.5	3.4	3.0	5.2	5.6	5.4	5.3	5.9	5.7	5.5	5.4
	2.09	2.19	1.97	1.48	1.30	1.63	1.88	1.70	1.65	1.79	1.94	2.06	1.81
Freq	11.5	8.1	4.3	2.6	2.3	7.0	19.3	15.7	8.0	6.0	6.9	8.4	100.0

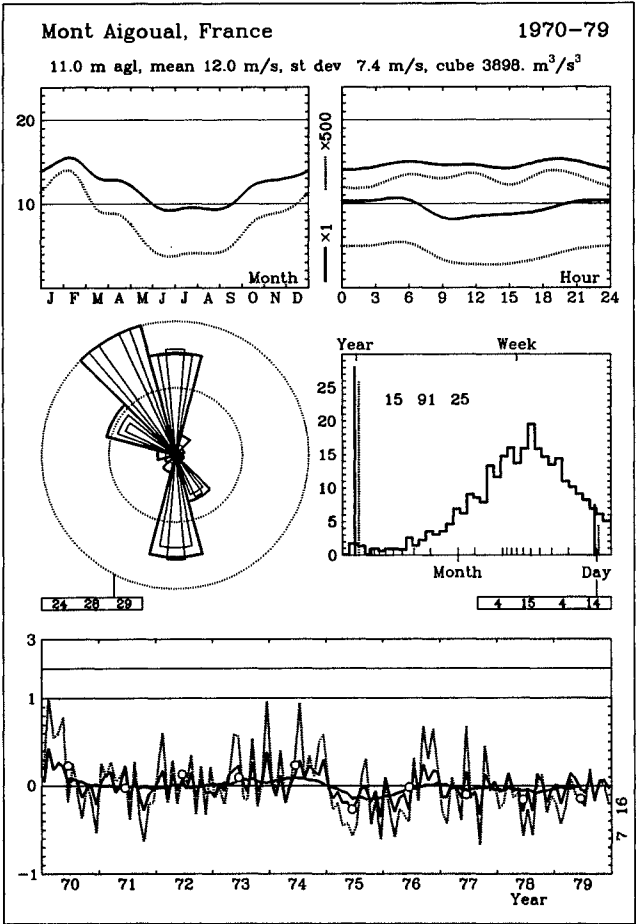
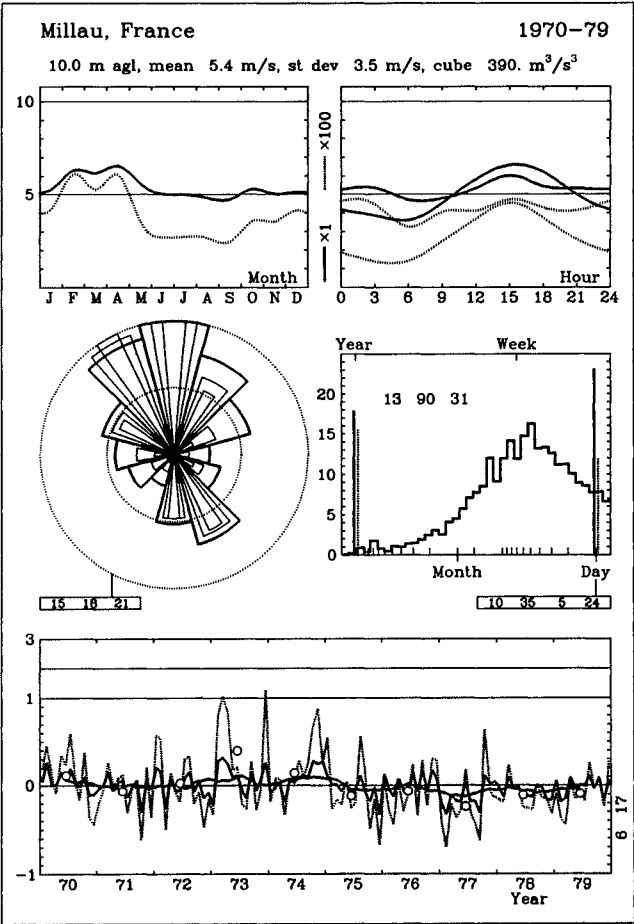
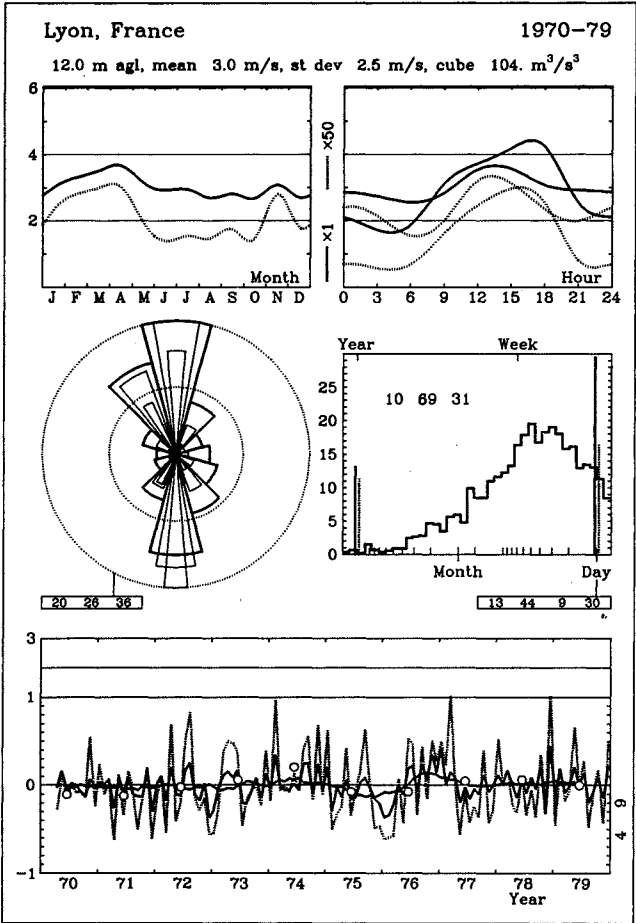
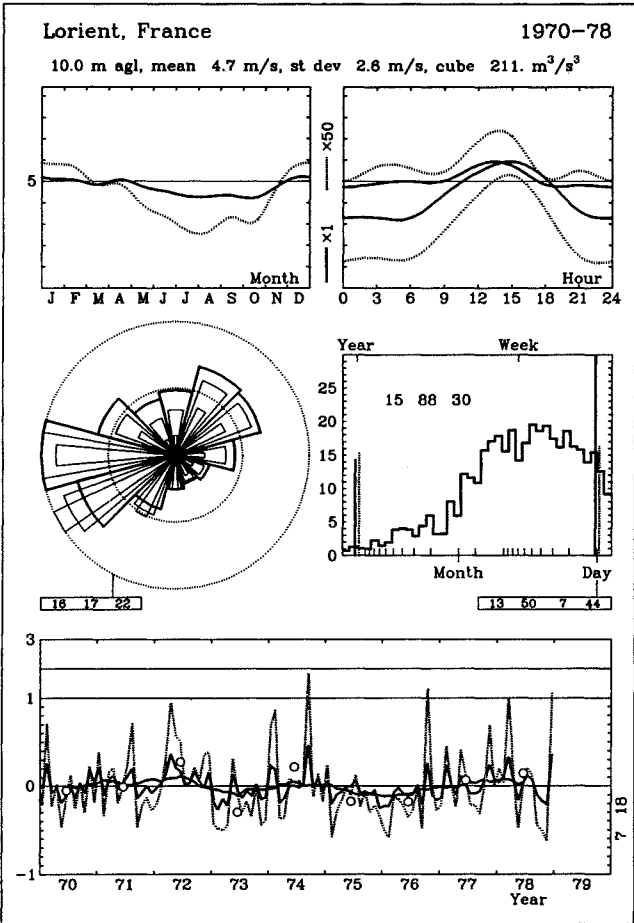
z	Classe 0		Classe 1		Classe 2		Classe 3	
10	4.2	105	3.0	46	2.6	30	2.0	15
25	4.6	133	3.5	70	3.2	52	2.7	31
50	5.0	159	4.1	94	3.8	74	3.3	50
100	5.4	210	4.9	147	4.5	113	3.9	75
200	5.9	304	6.1	299	5.5	223	4.8	143

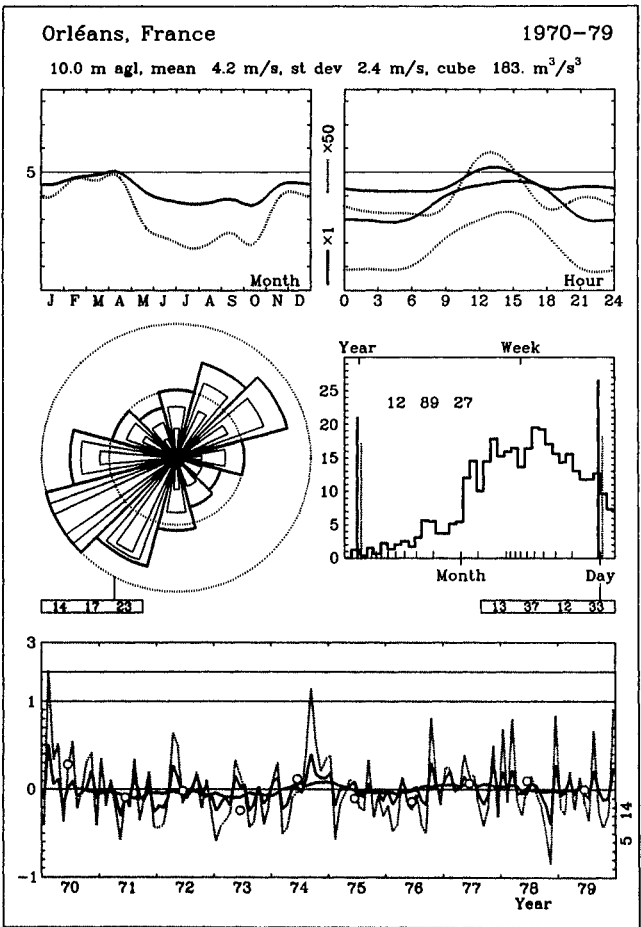
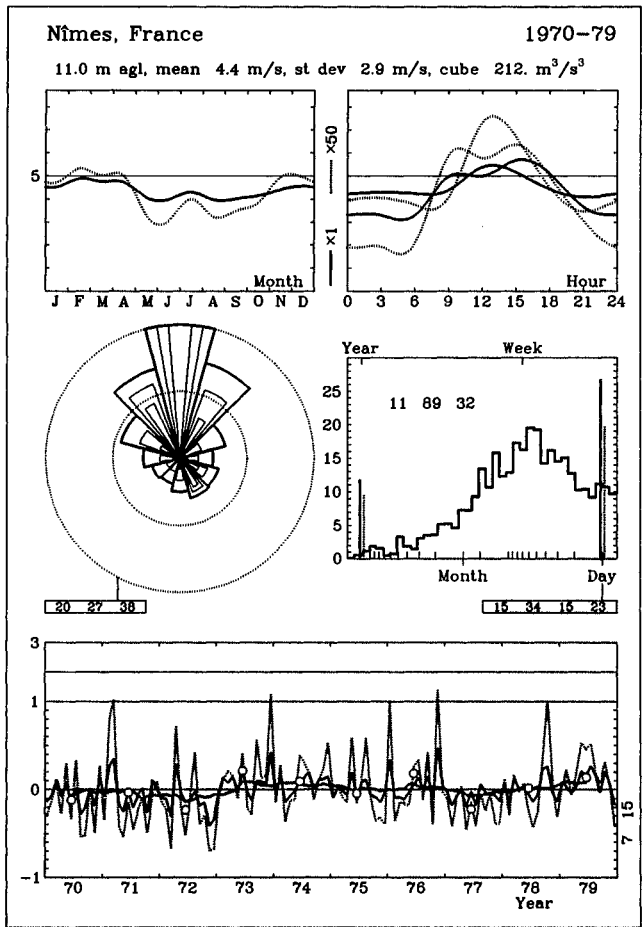
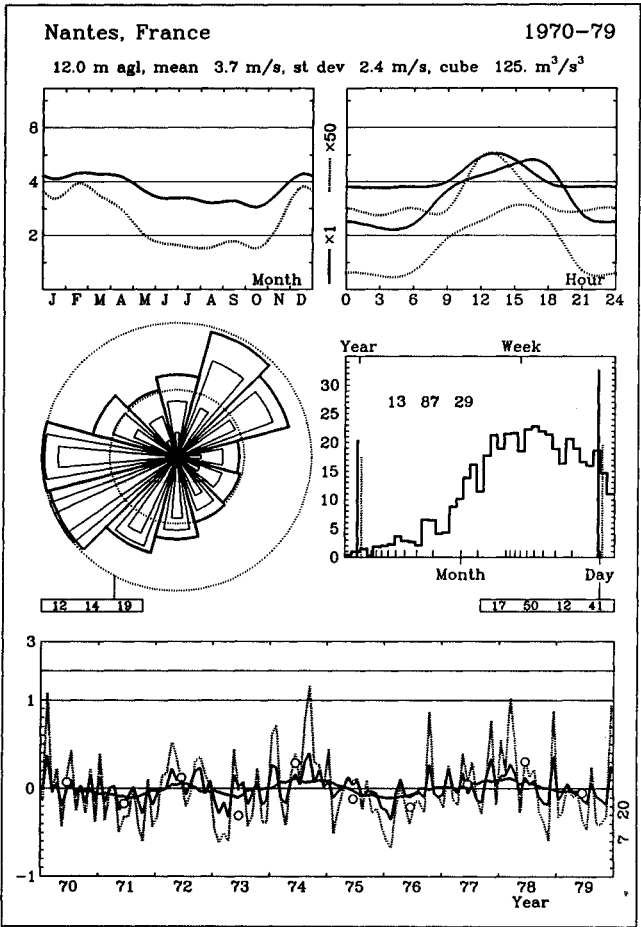
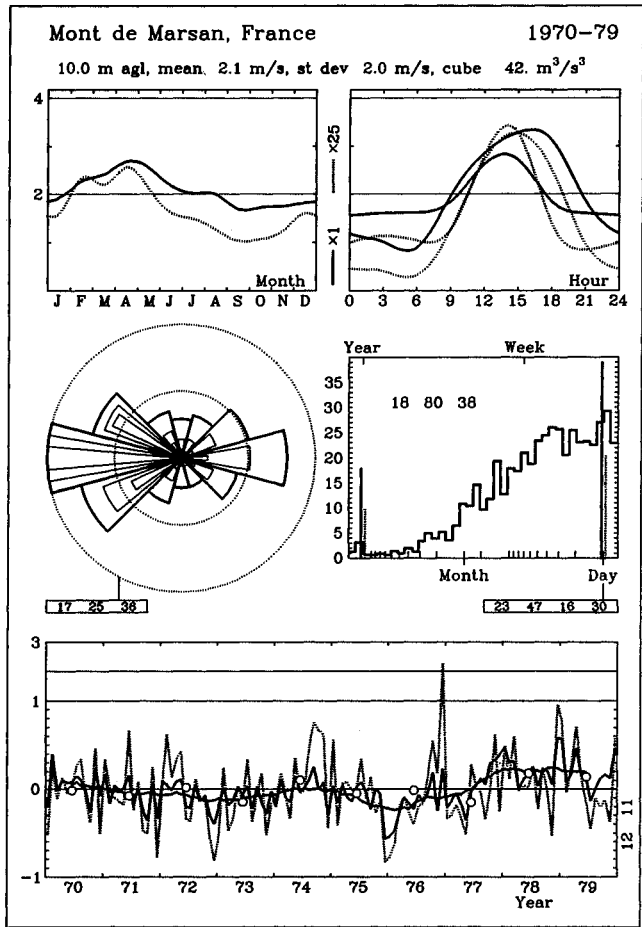


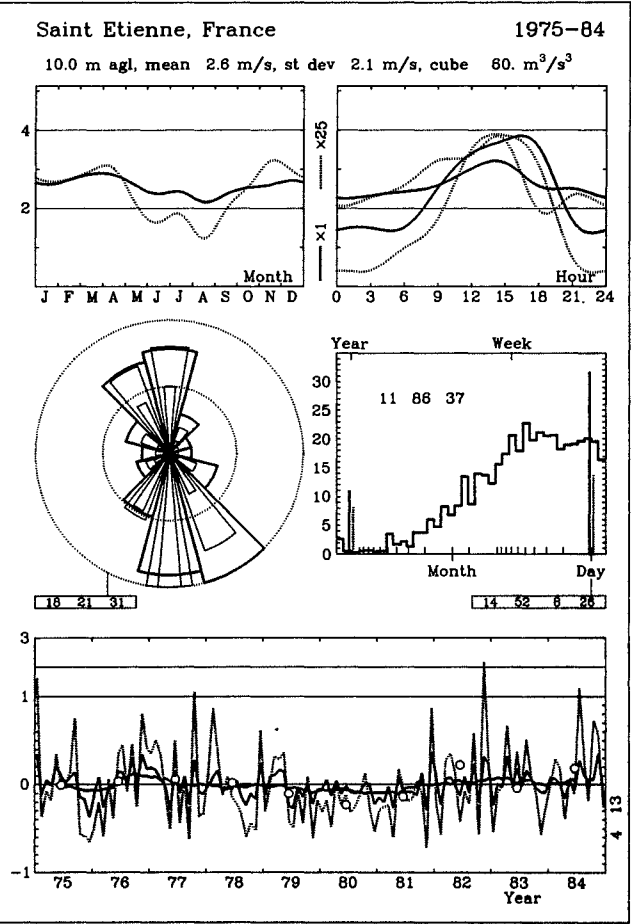
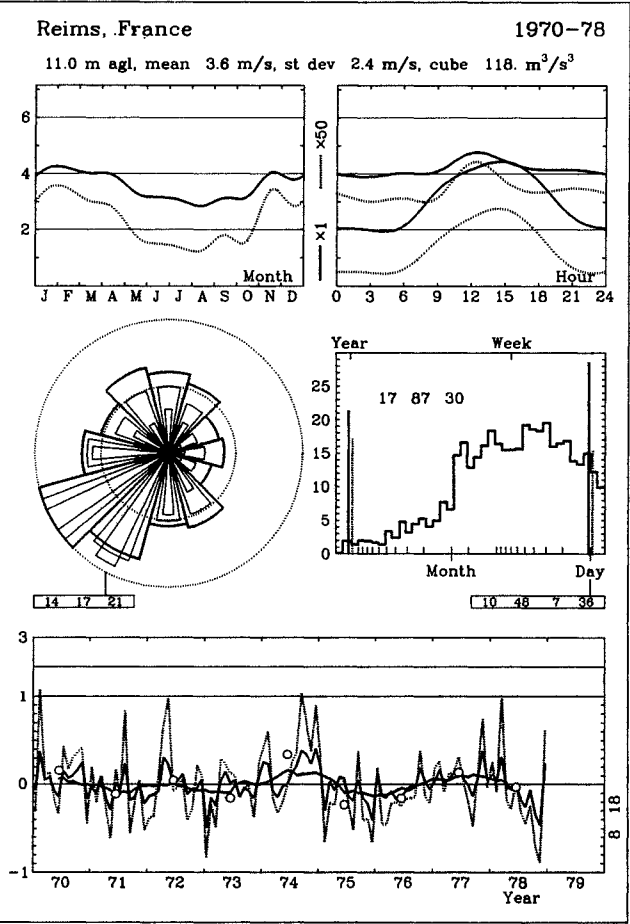
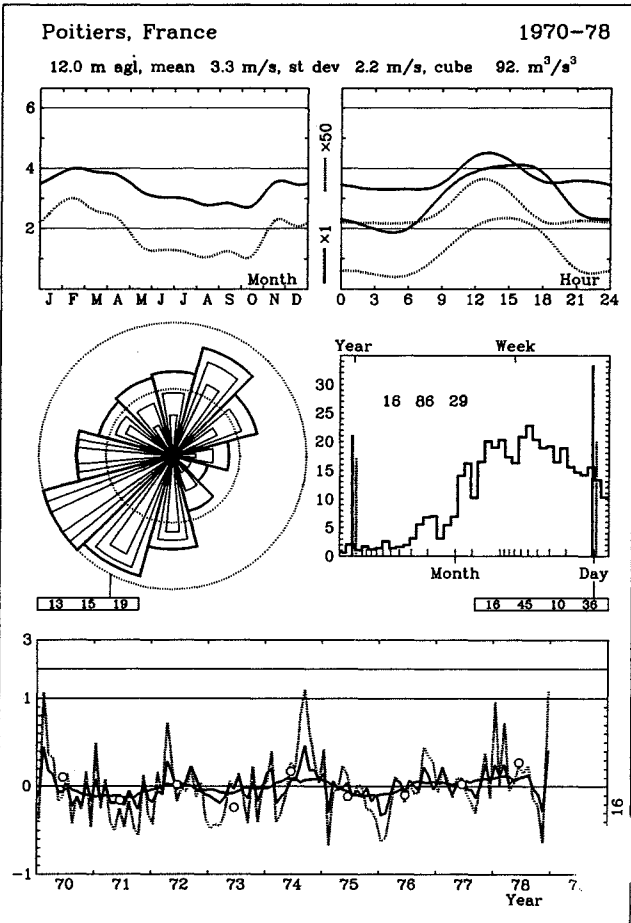
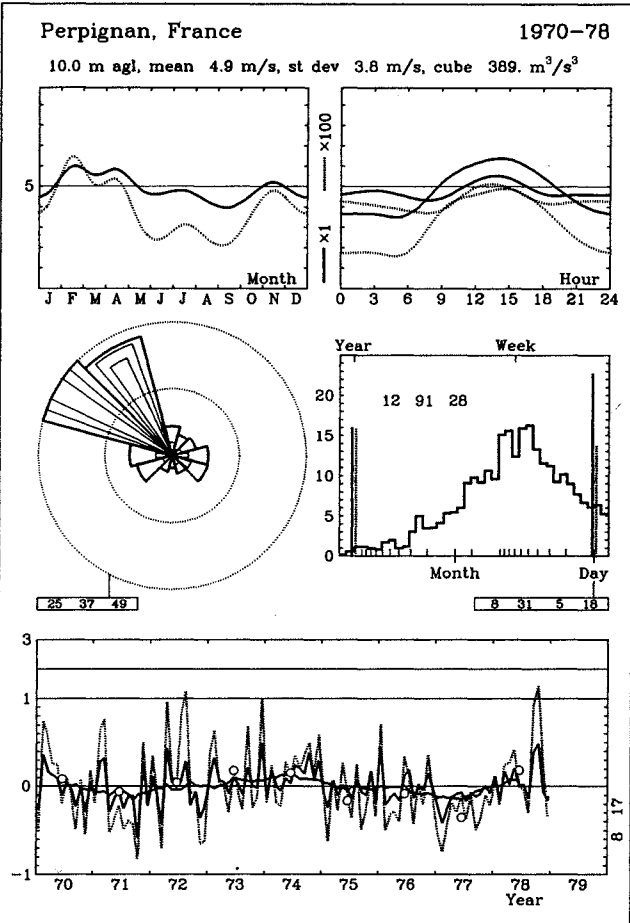












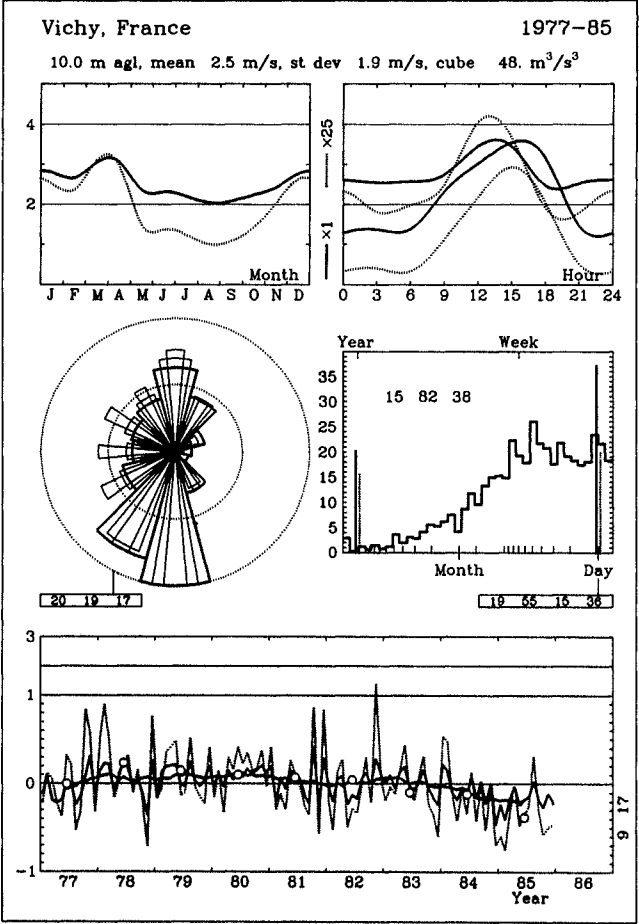
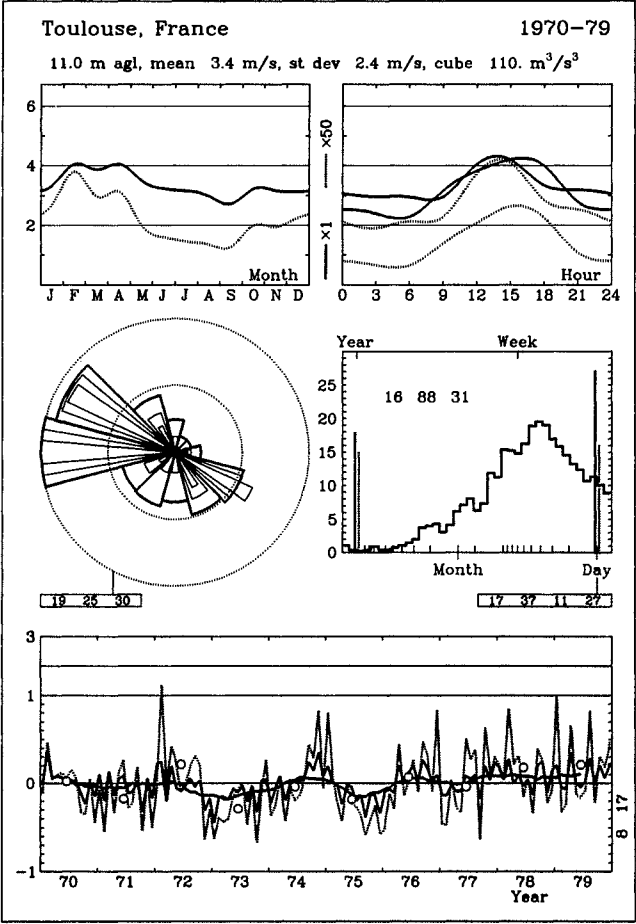
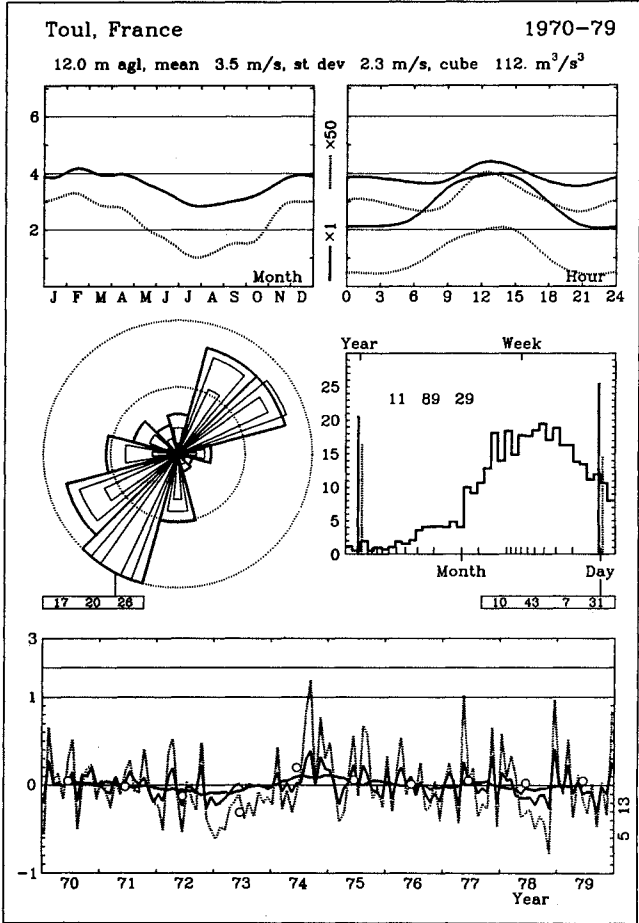
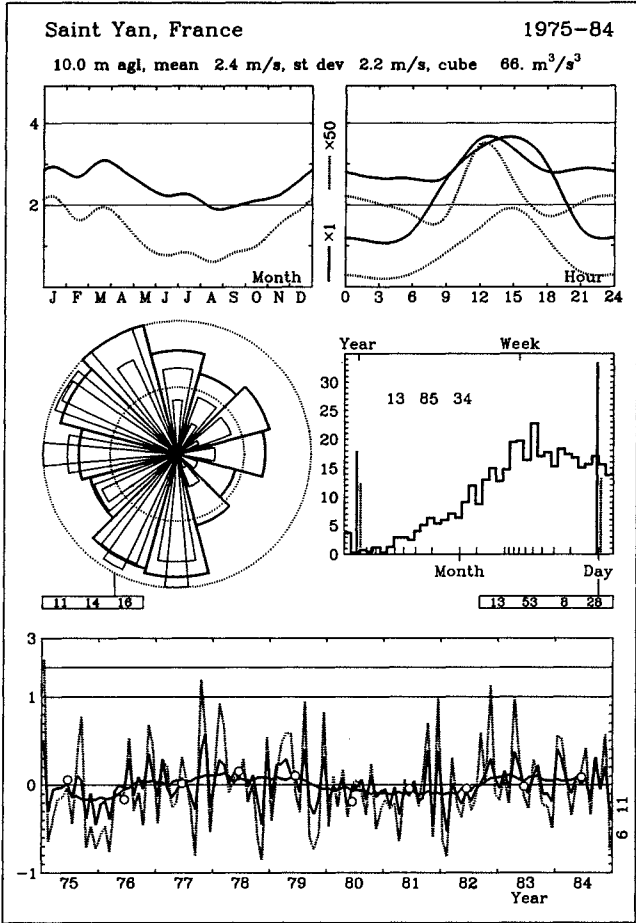


Tableau 7.3: Statistiques des stations d'observation en altitude, voir Table 7.2. La table donne les distributions statistiques des données mesurées: les paramètres A et k de Weibull pour la distribution totale de la vitesse du vent, la vitesse moyenne du vent, les moyennes du carré et du cube de la vitesse du vent. Les indices "d" et "e" se rapportent aux valeurs calculées respectivement à partir de la distribution observée et calculée à l'aide des paramètres de Weibull.

	A m s^{-1}	k	\bar{u}_d m s^{-1}	\bar{u}_e m s^{-1}	$\overline{u_d^2}$ m^2s^{-2}	$\overline{u_e^2}$ m^2s^{-2}	$\overline{u_d^3}$ m^3s^{-3}	$\overline{u_e^3}$ m^3s^{-3}
Belgique								
Ukkel	10.9	1.79	9.9	9.7	127.0	126.4	1986	1984
Danemark								
Risø	11.4	1.72	10.3	10.2	141.5	141.5	2402	2401
France								
Ajaccio	6.3	1.45	6.0	5.7	50.0	48.6	533	533
Bordeaux	10.2	1.63	9.4	9.1	116.9	115.3	1820	1819
Brest	12.4	1.86	11.2	11.0	159.7	157.9	2725	2723
Lyon	10.0	1.58	9.3	8.9	114.9	113.4	1806	1805
Nancy	10.7	1.64	9.9	9.5	128.0	126.3	2075	2073
Nantes	11.2	1.84	10.2	9.9	131.2	129.5	2036	2034
Nîmes	10.9	1.69	10.0	9.7	131.1	128.9	2108	2107
Toulouse	8.9	1.48	8.4	8.0	95.9	94.7	1432	1431
Trappes	11.6	1.77	10.7	10.4	146.2	144.1	2435	2433
Allemagne (RFA)								
Emden	11.4	1.82	10.1	10.1	136.5	136.3	2210	2208
Essen	10.6	1.61	9.6	9.5	127.8	126.8	2114	2112
Hannover	10.8	1.63	9.9	9.7	133.6	131.2	2207	2205
München	8.0	1.26	7.7	7.5	93.5	91.7	1526	1525
Schleswig	11.8	1.77	10.5	10.5	146.8	146.7	2501	2499
Stuttgart	8.7	1.40	8.1	7.9	96.6	95.4	1498	1498
Grèce								
Athina	9.0	1.65	8.4	8.0	91.7	89.6	1238	1237
Heraklion	11.6	1.77	10.4	10.3	143.8	143.7	2423	2421
Irlande								
Valentia	13.6	2.07	11.8	12.0	180.5	182.1	3223	3221
Italie								
Brindisi	9.2	1.58	8.4	8.2	96.4	95.9	1402	1401
Cagliari	9.4	1.58	8.3	8.4	100.7	101.2	1523	1522
Roma	7.5	1.53	7.0	6.8	66.9	66.4	823	823
Udine	6.2	1.44	5.8	5.6	47.3	47.7	521	521
Royaume-Uni								
Aughton	12.5	1.79	11.1	11.1	164.6	165.6	2984	2982
Camborne	12.7	1.87	11.2	11.3	164.7	166.3	2941	2939
Crawley	12.3	1.78	11.0	10.9	160.1	160.2	2848	2846
Hemsby	11.9	1.78	10.6	10.6	148.4	149.2	2557	2555
Lerwick	13.0	1.87	11.4	11.5	172.3	173.4	3131	3129
Stornoway	13.1	1.81	11.6	11.7	179.9	180.6	3376	3373

Classe de rugosité 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	3.8	3.6	3.7	4.1	4.4	4.6	4.9	5.0	5.5	5.8	5.2	4.2	4.8
	1.55	1.60	1.53	1.53	1.53	1.56	1.59	1.60	1.77	1.74	1.58	1.51	1.57
25	4.2	4.0	4.1	4.5	4.8	5.0	5.4	5.5	6.1	6.3	5.7	4.6	5.3
	1.60	1.65	1.58	1.58	1.58	1.61	1.64	1.65	1.83	1.79	1.62	1.56	1.62
50	4.5	4.3	4.4	4.9	5.2	5.4	5.8	5.9	6.5	6.8	6.1	4.9	5.7
	1.64	1.70	1.62	1.62	1.62	1.65	1.68	1.69	1.88	1.84	1.67	1.60	1.65
100	4.9	4.6	4.8	5.3	5.6	5.8	6.3	6.4	7.1	7.3	6.6	5.3	6.1
	1.59	1.64	1.57	1.57	1.57	1.60	1.63	1.64	1.81	1.78	1.62	1.55	1.60
200	5.3	5.1	5.2	5.8	6.2	6.4	6.9	7.1	7.8	8.1	7.3	5.8	6.8
	1.51	1.56	1.49	1.49	1.49	1.52	1.54	1.55	1.72	1.69	1.53	1.47	1.53
Freq	5.8	4.7	4.5	5.3	6.7	8.0	8.4	9.1	12.4	15.2	12.1	7.7	100.0

Classe de rugosité 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	2.7	2.5	2.7	2.9	3.0	3.2	3.5	3.5	4.0	4.0	3.4	2.7	3.3
	1.39	1.44	1.32	1.29	1.30	1.33	1.36	1.36	1.54	1.44	1.34	1.26	1.35
25	3.3	3.1	3.2	3.5	3.7	3.8	4.2	4.2	4.8	4.8	4.1	3.3	4.0
	1.50	1.56	1.42	1.38	1.40	1.43	1.47	1.47	1.67	1.56	1.44	1.35	1.45
50	3.8	3.6	3.8	4.1	4.3	4.5	5.0	4.9	5.5	5.6	4.8	3.9	4.7
	1.68	1.74	1.60	1.55	1.57	1.60	1.64	1.64	1.87	1.74	1.62	1.51	1.62
100	4.5	4.3	4.5	4.9	5.2	5.4	5.9	5.8	6.6	6.6	5.7	4.6	5.6
	1.79	1.86	1.70	1.65	1.67	1.71	1.75	1.75	1.99	1.86	1.72	1.61	1.71
200	5.6	5.3	5.6	6.1	6.4	6.7	7.3	7.2	8.2	8.2	7.1	5.8	7.0
	1.71	1.77	1.62	1.58	1.59	1.63	1.67	1.67	1.90	1.77	1.64	1.54	1.64
Freq	5.5	4.4	4.6	5.6	7.1	8.3	8.3	9.4	13.6	15.6	10.5	7.0	100.0

Classe de rugosité 2

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	2.3	2.2	2.3	2.6	2.7	2.8	3.0	2.9	3.5	3.4	2.8	2.4	2.9
	1.38	1.37	1.31	1.37	1.32	1.35	1.31	1.31	1.54	1.41	1.31	1.29	1.34
25	2.9	2.7	2.9	3.3	3.4	3.5	3.7	3.6	4.3	4.3	3.5	3.0	3.6
	1.47	1.47	1.40	1.47	1.41	1.44	1.40	1.40	1.64	1.51	1.40	1.37	1.43
50	3.4	3.2	3.5	3.9	4.0	4.1	4.4	4.3	5.1	5.1	4.2	3.5	4.3
	1.62	1.62	1.54	1.62	1.56	1.59	1.54	1.54	1.81	1.67	1.54	1.51	1.57
100	4.1	3.8	4.2	4.6	4.8	4.9	5.3	5.2	6.1	6.1	5.1	4.3	5.1
	1.78	1.77	1.69	1.77	1.71	1.74	1.69	1.69	1.99	1.83	1.69	1.66	1.71
200	5.1	4.7	5.1	5.7	5.9	6.1	6.5	6.4	7.5	7.4	6.2	5.2	6.3
	1.71	1.70	1.62	1.70	1.64	1.67	1.62	1.62	1.91	1.75	1.62	1.59	1.64
Freq	5.4	4.3	4.7	5.7	7.3	8.4	8.3	9.6	14.1	15.7	9.9	6.7	100.0

Classe de rugosité 3

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	1.9	1.8	1.9	2.0	2.2	2.2	2.5	2.4	2.8	2.8	2.2	1.8	2.3
	1.46	1.52	1.31	1.25	1.30	1.34	1.40	1.42	1.60	1.47	1.38	1.26	1.38
25	2.5	2.3	2.5	2.6	2.8	3.0	3.3	3.2	3.7	3.7	2.9	2.4	3.1
	1.54	1.62	1.39	1.33	1.38	1.42	1.48	1.50	1.69	1.55	1.46	1.34	1.45
50	3.0	2.8	3.0	3.2	3.5	3.6	4.0	3.9	4.4	4.4	3.5	2.9	3.7
	1.67	1.75	1.51	1.44	1.49	1.54	1.60	1.62	1.83	1.69	1.59	1.45	1.57
100	3.6	3.5	3.7	4.0	4.3	4.4	4.9	4.7	5.4	5.4	4.3	3.6	4.6
	1.90	1.99	1.71	1.63	1.70	1.75	1.82	1.85	2.09	1.92	1.80	1.65	1.77
200	4.4	4.2	4.5	4.8	5.2	5.4	5.9	5.8	6.6	6.6	5.2	4.4	5.6
	1.83	1.92	1.65	1.57	1.63	1.69	1.76	1.78	2.01	1.85	1.74	1.59	1.71
Freq	5.3	4.2	4.8	5.9	7.4	8.4	8.5	9.8	14.6	15.5	9.2	6.4	100.0

z	Classe 0		Classe 1		Classe 2		Classe 3	
10	4.3	125	3.0	55	2.6	37	2.1	17
25	4.7	158	3.6	84	3.3	62	2.8	37
50	5.1	190	4.2	112	3.8	88	3.4	59
100	5.5	253	5.0	175	4.6	133	4.1	89
200	6.1	366	6.2	354	5.6	263	5.0	169

Classe de rugosité 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	6.5	6.4	5.9	5.5	5.4	6.0	7.3	8.1	8.7	8.7	7.8	6.6	7.4
	2.27	2.20	2.00	1.83	1.90	1.60	1.72	1.81	1.84	1.81	1.77	2.01	1.74
25	7.1	7.0	6.5	6.0	5.9	6.6	8.1	8.8	9.5	9.5	8.5	7.3	8.1
	2.34	2.27	2.06	1.89	1.96	1.65	1.77	1.86	1.88	1.85	1.83	2.07	1.78
50	7.6	7.5	6.9	6.4	6.3	7.1	8.7	9.5	10.2	10.1	9.2	7.8	8.7
	2.40	2.33	2.12	1.94	2.01	1.69	1.82	1.91	1.93	1.90	1.88	2.13	1.83
100	8.2	8.1	7.5	7.0	6.8	7.7	9.4	10.2	10.9	10.9	9.9	8.5	9.4
	2.33	2.26	2.05	1.88	1.94	1.64	1.76	1.86	1.89	1.86	1.82	2.06	1.79
200	9.1	9.0	8.3	7.7	7.6	8.4	10.3	11.2	11.9	11.8	10.8	9.3	10.3
	2.20	2.13	1.94	1.78	1.84	1.55	1.67	1.78	1.82	1.79	1.74	1.95	1.72
Freq	6.8	6.1	4.4	3.7	3.8	5.2	8.9	12.7	16.2	15.2	9.9	6.9	100.0

Classe de rugosité 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	4.6	4.4	4.0	3.8	3.8	4.3	5.2	5.7	6.2	6.0	5.1	4.5	5.2
	1.93	1.79	1.63	1.58	1.68	1.36	1.48	1.59	1.62	1.56	1.51	1.74	1.51
25	5.5	5.3	4.8	4.6	4.5	5.2	6.2	6.8	7.4	7.1	6.2	5.4	6.2
	2.08	1.94	1.76	1.71	1.81	1.46	1.59	1.69	1.71	1.65	1.63	1.88	1.60
50	6.3	6.1	5.6	5.4	5.2	6.0	7.3	7.9	8.4	8.1	7.2	6.3	7.2
	2.34	2.18	1.98	1.92	2.04	1.64	1.77	1.85	1.83	1.78	1.83	2.12	1.76
100	7.5	7.2	6.6	6.4	6.2	7.2	8.6	9.2	9.7	9.4	8.6	7.5	8.4
	2.49	2.32	2.11	2.04	2.17	1.74	1.89	1.99	1.97	1.91	1.95	2.25	1.89
200	9.3	9.0	8.2	7.9	7.7	8.9	10.6	11.2	11.5	11.2	10.6	9.3	10.3
	2.38	2.21	2.01	1.95	2.07	1.67	1.81	1.91	1.90	1.84	1.86	2.15	1.84
Freq	6.9	5.7	4.0	3.8	3.9	5.8	10.1	13.4	17.2	14.0	8.6	6.7	100.0

Classe de rugosité 2

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	4.0	3.8	3.5	3.3	3.2	3.8	4.6	5.0	5.5	5.1	4.4	3.9	4.5
	1.92	1.83	1.69	1.58	1.65	1.36	1.52	1.56	1.64	1.55	1.53	1.77	1.51
25	4.9	4.7	4.3	4.2	4.0	4.7	5.7	6.1	6.7	6.3	5.5	4.8	5.6
	2.05	1.96	1.81	1.69	1.76	1.45	1.62	1.65	1.72	1.62	1.63	1.90	1.60
50	5.8	5.5	5.1	4.9	4.7	5.6	6.7	7.1	7.8	7.3	6.4	5.7	6.5
	2.27	2.16	2.01	1.87	1.95	1.60	1.78	1.79	1.83	1.74	1.81	2.10	1.73
100	6.8	6.6	6.1	5.9	5.6	6.7	8.0	8.4	9.0	8.6	7.7	6.8	7.7
	2.50	2.38	2.20	2.05	2.14	1.75	1.96	1.96	2.01	1.90	1.99	2.31	1.90
200	8.5	8.1	7.5	7.2	6.9	8.2	9.8	10.1	10.7	10.2	9.5	8.4	9.4
	2.39	2.28	2.11	1.97	2.05	1.68	1.87	1.89	1.94	1.84	1.90	2.21	1.85
Freq	7.0	5.5	3.8	3.8	3.9	6.0	10.5	13.7	17.5	13.6	8.1	6.6	100.0

Classe de rugosité 3

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	3.1	2.9	2.7	2.7	2.6	3.0	3.7	3.9	4.3	4.0	3.3	3.0	3.5
	1.94	1.72	1.64	1.73	1.77	1.37	1.57	1.58	1.66	1.53	1.56	1.80	1.53
25	4.1	3.9	3.5	3.6	3.4	4.0	4.9	5.2	5.7	5.2	4.4	4.0	4.7
	2.06	1.82	1.74	1.83	1.87	1.44	1.67	1.66	1.72	1.60	1.66	1.90	1.60
50	5.0	4.7	4.3	4.3	4.2	4.8	5.9	6.2	6.8	6.3	5.3	4.9	5.6
	2.24	1.98	1.88	1.99	2.04	1.56	1.81	1.77	1.81	1.69	1.80	2.07	1.71
100	6.0	5.7	5.2	5.2	5.0	5.9	7.1	7.4	8.1	7.5	6.5	5.9	6.8
	2.55	2.25	2.15	2.27	2.32	1.78	2.06	1.98	1.98	1.86	2.05	2.36	1.90
200	7.3	6.9	6.3	6.4	6.1	7.2	8.7	8.9	9.6	8.9	7.9	7.2	8.2
	2.45	2.17	2.07	2.19	2.23	1.72	1.98	1.94	1.97	1.84	1.98	2.27	1.88
Freq	7.0	5.3	3.7	3.8	4.0	6.4	11.0	14.1	17.8	13.0	7.6	6.5	100.0

z	Classe 0		Classe 1		Classe 2		Classe 3	
10	6.6	399	4.7	167	4.1	110	3.2	53
25	7.2	506	5.5	258	5.0	189	4.2	112
50	7.8	604	6.4	348	5.8	270	5.0	178
100	8.4	780	7.5	516	6.9	397	6.0	269
200	9.2	1078	9.1	966	8.3	731	7.3	480

Classe de rugosité 0													
z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	7.8	7.8	7.5	6.8	6.7	7.9	9.8	10.4	10.2	9.6	9.0	8.2	9.0
	2.37	2.38	2.22	2.19	1.97	1.73	2.04	2.20	2.15	2.06	2.11	2.23	2.01
25	8.5	8.6	8.2	7.5	7.4	8.7	10.7	11.4	11.2	10.5	9.8	9.0	9.8
	2.44	2.46	2.29	2.26	2.03	1.76	2.08	2.24	2.19	2.10	2.16	2.30	2.05
50	9.2	9.2	8.8	8.0	7.9	9.3	11.4	12.1	11.9	11.2	10.5	9.6	10.5
	2.50	2.53	2.35	2.32	2.09	1.81	2.13	2.30	2.25	2.16	2.22	2.36	2.11
100	9.9	10.0	9.5	8.7	8.6	10.0	12.2	13.0	12.8	12.0	11.4	10.4	11.3
	2.42	2.45	2.28	2.25	2.02	1.77	2.10	2.26	2.21	2.12	2.17	2.29	2.08
200	11.0	11.0	10.5	9.6	9.5	10.9	13.2	14.1	13.8	13.1	12.4	11.5	12.3
	2.30	2.31	2.15	2.13	1.91	1.69	2.03	2.19	2.14	2.05	2.07	2.16	2.01
Freq	6.7	6.4	5.6	4.6	4.4	5.5	9.0	13.3	14.7	13.0	9.5	7.3	100.0

Classe de rugosité 1													
z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	5.4	5.4	5.1	4.6	4.7	5.8	7.1	7.4	7.1	6.7	6.2	5.6	6.3
	2.00	1.93	1.82	1.83	1.58	1.55	1.88	1.97	1.88	1.81	1.82	1.87	1.76
25	6.5	6.5	6.1	5.6	5.6	6.9	8.4	8.8	8.4	7.9	7.3	6.7	7.5
	2.16	2.08	1.96	1.98	1.71	1.63	1.97	2.05	1.96	1.90	1.94	2.03	1.86
50	7.5	7.5	7.0	6.4	6.5	7.9	9.5	9.9	9.5	9.0	8.4	7.7	8.5
	2.43	2.34	2.20	2.22	1.92	1.78	2.10	2.18	2.09	2.05	2.14	2.28	2.01
100	8.9	8.9	8.4	7.6	7.8	9.2	10.9	11.3	10.9	10.4	9.9	9.1	9.9
	2.58	2.49	2.35	2.37	2.04	1.91	2.26	2.34	2.25	2.20	2.30	2.42	2.17
200	11.1	11.1	10.4	9.5	9.6	11.1	12.8	13.2	12.8	12.3	12.1	11.4	11.9
	2.47	2.38	2.24	2.26	1.95	1.84	2.18	2.27	2.17	2.12	2.20	2.31	2.13
Freq	6.6	6.3	5.3	4.4	4.5	5.9	10.2	14.2	14.7	12.4	8.6	7.1	100.0

Classe de rugosité 2													
z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	4.8	4.7	4.4	4.0	4.1	5.1	6.2	6.5	6.2	5.8	5.3	4.8	5.5
	2.07	1.97	1.84	1.84	1.59	1.55	1.89	1.98	1.87	1.82	1.84	1.91	1.77
25	5.9	5.8	5.4	5.0	5.1	6.3	7.6	7.9	7.5	7.1	6.6	6.0	6.7
	2.22	2.11	1.97	1.97	1.71	1.62	1.96	2.05	1.95	1.90	1.96	2.05	1.86
50	6.9	6.9	6.4	5.8	6.0	7.3	8.7	9.1	8.7	8.2	7.7	7.0	7.8
	2.45	2.34	2.18	2.18	1.88	1.74	2.08	2.16	2.06	2.03	2.14	2.26	1.99
100	8.2	8.2	7.6	6.9	7.2	8.6	10.1	10.5	10.0	9.5	9.1	8.3	9.1
	2.70	2.57	2.40	2.40	2.07	1.90	2.27	2.36	2.25	2.22	2.36	2.49	2.19
200	10.1	10.1	9.4	8.6	8.9	10.2	11.9	12.2	11.8	11.3	11.1	10.3	10.9
	2.58	2.46	2.30	2.30	1.98	1.84	2.20	2.29	2.18	2.15	2.26	2.38	2.15
Freq	6.5	6.3	5.2	4.3	4.6	6.0	10.6	14.5	14.6	12.1	8.2	7.0	100.0

Classe de rugosité 3													
z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	3.8	3.7	3.4	3.1	3.3	4.1	4.9	5.1	4.8	4.5	4.1	3.8	4.3
	2.14	1.98	1.82	1.85	1.60	1.56	1.92	1.99	1.87	1.83	1.83	1.95	1.78
25	4.9	4.9	4.5	4.1	4.3	5.4	6.4	6.7	6.3	5.9	5.4	5.0	5.6
	2.27	2.10	1.93	1.96	1.69	1.62	1.99	2.05	1.93	1.90	1.94	2.06	1.85
50	6.0	5.9	5.5	5.0	5.3	6.4	7.6	7.9	7.5	7.1	6.5	6.0	6.8
	2.46	2.28	2.10	2.13	1.83	1.71	2.08	2.14	2.03	2.01	2.10	2.24	1.96
100	7.2	7.2	6.6	6.0	6.4	7.7	9.0	9.3	8.8	8.4	7.8	7.2	8.0
	2.81	2.60	2.39	2.42	2.09	1.88	2.25	2.30	2.20	2.21	2.38	2.56	2.16
200	8.8	8.8	8.1	7.3	7.8	9.1	10.6	10.9	10.4	10.0	9.5	8.9	9.6
	2.70	2.50	2.30	2.33	2.01	1.87	2.26	2.32	2.20	2.19	2.30	2.46	2.17
Freq	6.5	6.3	5.1	4.3	4.6	6.2	11.2	14.9	14.6	11.8	7.8	6.9	100.0

z	Classe 0		Classe 1		Classe 2		Classe 3	
10	7.9	583	5.6	234	4.9	154	3.8	74
25	8.7	744	6.6	367	6.0	268	5.0	159
50	9.3	888	7.6	502	6.9	389	6.0	256
100	10.0	1124	8.8	731	8.1	568	7.1	393
200	10.9	1504	10.5	1287	9.7	992	8.5	671

Classe de rugosité 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	7.3	6.5	4.3	3.9	5.5	10.0	9.2	7.6	6.9	6.8	6.7	7.1	7.4
	2.32	2.01	1.90	1.95	1.15	1.76	1.71	1.79	1.85	1.81	2.00	2.28	1.72
25	8.0	7.2	4.7	4.3	6.1	10.9	10.0	8.3	7.5	7.4	7.4	7.8	8.1
	2.39	2.07	1.96	2.01	1.18	1.78	1.73	1.85	1.91	1.87	2.06	2.35	1.76
50	8.6	7.7	5.1	4.6	6.5	11.6	10.7	8.9	8.1	8.0	7.9	8.4	8.7
	2.46	2.13	2.01	2.06	1.21	1.81	1.77	1.89	1.96	1.92	2.12	2.41	1.81
100	9.3	8.3	5.5	5.0	7.0	12.3	11.4	9.7	8.8	8.6	8.6	9.1	9.4
	2.38	2.06	1.94	2.00	1.19	1.80	1.75	1.83	1.90	1.86	2.05	2.34	1.78
200	10.3	9.2	6.1	5.5	7.5	13.2	12.3	10.6	9.7	9.5	9.5	10.0	10.3
	2.25	1.95	1.84	1.89	1.15	1.76	1.70	1.74	1.79	1.76	1.94	2.21	1.74
Freq	13.6	6.3	2.0	1.5	2.7	8.6	12.1	9.9	8.3	8.8	11.1	15.0	100.0

Classe de rugosité 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	5.0	4.0	2.9	2.8	4.2	7.3	6.1	5.0	4.8	4.7	4.7	5.0	5.1
	1.89	1.48	1.74	1.60	1.08	1.67	1.50	1.53	1.56	1.56	1.77	1.95	1.51
25	6.0	4.8	3.5	3.4	5.0	8.6	7.2	6.0	5.7	5.7	5.6	6.0	6.1
	2.04	1.60	1.88	1.73	1.13	1.72	1.57	1.65	1.68	1.68	1.91	2.11	1.60
50	7.0	5.6	4.1	4.0	5.8	9.7	8.2	7.0	6.7	6.6	6.5	7.0	7.1
	2.30	1.79	2.12	1.94	1.21	1.80	1.67	1.85	1.89	1.89	2.15	2.37	1.75
100	8.3	6.7	4.8	4.7	6.7	11.0	9.4	8.4	7.9	7.8	7.8	8.3	8.4
	2.44	1.91	2.25	2.07	1.29	1.93	1.80	1.97	2.01	2.01	2.29	2.53	1.90
200	10.3	8.3	6.0	5.9	7.9	12.6	11.1	10.4	9.9	9.7	9.6	10.3	10.2
	2.33	1.82	2.15	1.98	1.25	1.88	1.74	1.88	1.92	1.92	2.19	2.41	1.88
Freq	12.1	4.3	1.6	1.5	3.2	10.7	12.0	9.2	8.1	9.1	11.8	16.2	100.0

Classe de rugosité 2

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	4.4	3.3	2.4	2.4	3.7	6.4	5.1	4.3	4.1	4.0	4.1	4.4	4.5
	1.91	1.43	1.69	1.59	1.08	1.68	1.50	1.55	1.53	1.52	1.76	1.97	1.51
25	5.4	4.1	3.0	3.0	4.6	7.8	6.3	5.3	5.1	5.0	5.0	5.5	5.5
	2.05	1.52	1.81	1.70	1.12	1.73	1.56	1.66	1.63	1.62	1.88	2.11	1.59
50	6.3	4.8	3.5	3.5	5.3	8.9	7.3	6.3	6.0	5.9	5.9	6.4	6.5
	2.26	1.69	2.01	1.88	1.18	1.79	1.66	1.83	1.81	1.79	2.08	2.34	1.71
100	7.6	5.8	4.2	4.3	6.3	10.2	8.5	7.5	7.2	7.1	7.1	7.6	7.7
	2.49	1.85	2.20	2.06	1.28	1.93	1.82	2.01	1.99	1.97	2.29	2.57	1.88
200	9.3	7.1	5.2	5.2	7.3	11.8	10.1	9.3	8.8	8.7	8.7	9.4	9.3
	2.38	1.77	2.11	1.98	1.24	1.90	1.76	1.93	1.90	1.89	2.19	2.46	1.87
Freq	11.6	3.6	1.5	1.6	3.4	11.5	11.9	9.0	8.1	9.2	12.1	16.6	100.0

Classe de rugosité 3

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	3.5	2.3	1.9	2.0	3.0	5.2	3.9	3.3	3.2	3.2	3.2	3.5	3.5
	1.94	1.46	1.99	1.64	1.12	1.75	1.52	1.60	1.52	1.55	1.79	2.05	1.54
25	4.6	3.0	2.5	2.7	4.0	6.7	5.2	4.4	4.2	4.2	4.2	4.7	4.6
	2.06	1.54	2.12	1.74	1.15	1.79	1.59	1.70	1.62	1.64	1.90	2.18	1.60
50	5.5	3.6	3.0	3.2	4.8	7.9	6.2	5.3	5.1	5.1	5.1	5.6	5.6
	2.24	1.67	2.30	1.88	1.21	1.85	1.68	1.84	1.75	1.78	2.06	2.37	1.71
100	6.6	4.4	3.7	3.9	5.8	9.3	7.4	6.4	6.2	6.2	6.2	6.8	6.7
	2.55	1.90	2.62	2.15	1.31	1.96	1.86	2.10	1.99	2.03	2.35	2.70	1.89
200	8.1	5.4	4.5	4.8	6.8	10.8	8.9	7.8	7.6	7.6	7.5	8.3	8.1
	2.45	1.83	2.53	2.07	1.31	1.99	1.84	2.02	1.92	1.95	2.26	2.60	1.90
Freq	10.7	2.8	1.4	1.7	3.8	12.5	11.7	8.6	8.1	9.5	12.4	16.8	100.0

z	Classe 0		Classe 1		Classe 2		Classe 3	
10	6.6	393	4.6	163	4.0	107	3.2	51
25	7.2	500	5.5	253	4.9	185	4.2	109
50	7.7	599	6.3	343	5.8	266	5.0	175
100	8.3	765	7.4	503	6.8	390	6.0	266
200	9.1	1045	9.0	920	8.2	700	7.2	465

Classe de rugosité 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	6.1	6.9	7.1	6.3	4.9	6.1	8.1	9.1	9.2	8.5	7.1	6.1	7.8
	2.15	2.22	2.15	1.80	1.65	1.60	1.77	1.92	1.90	1.81	1.79	1.98	1.77
25	6.6	7.5	7.8	6.9	5.4	6.7	8.9	10.0	10.1	9.3	7.8	6.7	8.6
	2.21	2.29	2.22	1.86	1.70	1.64	1.82	1.96	1.93	1.85	1.85	2.04	1.81
50	7.1	8.1	8.4	7.5	5.8	7.2	9.6	10.7	10.8	9.9	8.4	7.2	9.2
	2.27	2.35	2.28	1.91	1.75	1.69	1.87	2.02	1.98	1.90	1.90	2.10	1.86
100	7.7	8.7	9.1	8.1	6.3	7.8	10.3	11.4	11.5	10.7	9.1	7.8	9.9
	2.20	2.28	2.21	1.85	1.69	1.63	1.82	1.98	1.95	1.86	1.84	2.03	1.82
200	8.6	9.7	10.0	8.9	6.9	8.6	11.2	12.4	12.5	11.6	10.0	8.6	10.8
	2.08	2.15	2.09	1.75	1.60	1.55	1.75	1.90	1.88	1.78	1.74	1.92	1.76
Freq	5.1	7.2	7.5	4.6	2.8	3.7	9.1	17.2	18.4	12.4	7.1	4.8	100.0

Classe de rugosité 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	4.3	4.9	4.9	3.9	3.4	4.4	5.9	6.5	6.4	5.7	4.7	4.1	5.5
	1.83	1.89	1.74	1.36	1.45	1.39	1.60	1.72	1.65	1.56	1.54	1.65	1.55
25	5.2	5.9	5.9	4.8	4.1	5.4	7.0	7.7	7.6	6.8	5.7	4.9	6.5
	1.97	2.04	1.88	1.46	1.56	1.49	1.69	1.80	1.72	1.66	1.66	1.78	1.64
50	6.0	6.8	6.8	5.6	4.8	6.3	8.0	8.8	8.6	7.8	6.6	5.7	7.5
	2.22	2.30	2.12	1.64	1.76	1.68	1.84	1.93	1.85	1.82	1.86	2.00	1.78
100	7.1	8.1	8.1	6.6	5.7	7.5	9.4	10.1	9.9	9.2	7.9	6.8	8.8
	2.36	2.44	2.25	1.74	1.87	1.78	1.98	2.08	1.98	1.95	1.98	2.13	1.92
200	8.8	10.1	10.1	8.2	7.1	9.3	11.3	12.0	11.7	11.1	9.8	8.5	10.6
	2.25	2.33	2.15	1.67	1.79	1.71	1.90	2.01	1.92	1.87	1.89	2.03	1.88
Freq	5.4	7.9	7.1	3.6	2.8	4.1	11.0	19.3	17.3	10.7	6.1	4.6	100.0

Classe de rugosité 2

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	3.8	4.3	4.3	3.3	2.9	3.9	5.1	5.7	5.6	4.9	4.0	3.6	4.8
	1.85	1.90	1.74	1.36	1.49	1.40	1.60	1.73	1.65	1.55	1.52	1.74	1.56
25	4.7	5.3	5.3	4.1	3.7	4.9	6.3	7.0	6.8	6.0	5.0	4.5	5.9
	1.98	2.03	1.86	1.45	1.60	1.49	1.68	1.81	1.72	1.64	1.63	1.87	1.64
50	5.5	6.3	6.2	4.8	4.3	5.8	7.4	8.1	7.9	7.0	5.9	5.3	6.9
	2.19	2.25	2.06	1.60	1.76	1.65	1.81	1.92	1.82	1.79	1.80	2.06	1.76
100	6.6	7.5	7.4	5.8	5.2	6.9	8.6	9.4	9.2	8.3	7.0	6.3	8.1
	2.41	2.47	2.26	1.75	1.94	1.81	1.99	2.11	1.99	1.97	1.98	2.27	1.94
200	8.1	9.2	9.1	7.1	6.3	8.5	10.4	11.1	10.8	10.1	8.7	7.8	9.7
	2.31	2.37	2.16	1.68	1.85	1.74	1.91	2.04	1.93	1.89	1.89	2.17	1.89
Freq	5.6	8.2	6.9	3.3	2.7	4.3	11.7	20.0	17.0	10.1	5.8	4.5	100.0

Classe de rugosité 3

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	3.0	3.5	3.4	2.5	2.4	3.2	4.1	4.6	4.4	3.7	3.1	2.8	3.8
	1.88	1.95	1.73	1.58	1.70	1.49	1.63	1.77	1.63	1.54	1.60	1.89	1.58
25	4.0	4.6	4.5	3.3	3.2	4.2	5.4	5.9	5.7	4.9	4.1	3.7	5.0
	1.99	2.06	1.83	1.67	1.80	1.58	1.70	1.83	1.69	1.62	1.70	2.00	1.65
50	4.8	5.5	5.4	4.1	3.8	5.1	6.4	7.1	6.8	5.9	4.9	4.5	6.0
	2.16	2.24	1.99	1.81	1.95	1.71	1.81	1.93	1.78	1.75	1.84	2.17	1.75
100	5.8	6.7	6.5	4.9	4.6	6.2	7.7	8.4	8.1	7.1	5.9	5.4	7.1
	2.47	2.56	2.26	2.06	2.22	1.95	2.01	2.10	1.94	1.99	2.10	2.47	1.94
200	7.1	8.1	8.0	6.0	5.7	7.6	9.2	10.0	9.5	8.6	7.3	6.6	8.6
	2.38	2.46	2.18	1.99	2.14	1.88	1.98	2.10	1.93	1.92	2.02	2.38	1.93
Freq	5.7	8.4	6.6	3.0	2.7	4.8	12.7	20.6	16.4	9.2	5.4	4.5	100.0

z	Classe 0		Classe 1		Classe 2		Classe 3	
10	7.0	454	4.9	188	4.3	124	3.4	59
25	7.6	576	5.8	293	5.3	213	4.4	126
50	8.2	687	6.7	395	6.1	306	5.3	202
100	8.8	879	7.8	577	7.2	446	6.3	307
200	9.6	1196	9.4	1048	8.6	801	7.6	535

Classe de rugosité 0													
z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	7.6	7.9	7.6	6.8	6.4	6.9	8.1	9.4	9.6	8.8	7.9	7.4	8.2
	2.28	2.29	2.16	2.17	2.19	1.85	1.88	2.14	2.12	1.92	1.88	2.03	1.97
25	8.3	8.6	8.3	7.5	7.0	7.6	8.9	10.2	10.4	9.6	8.7	8.1	8.9
	2.35	2.36	2.23	2.24	2.26	1.91	1.94	2.19	2.16	1.97	1.94	2.10	2.03
50	8.9	9.3	8.9	8.1	7.5	8.2	9.6	10.9	11.1	10.3	9.4	8.7	9.6
	2.41	2.42	2.29	2.30	2.32	1.96	1.99	2.25	2.22	2.02	1.99	2.15	2.08
100	9.6	10.1	9.7	8.7	8.2	8.9	10.3	11.8	12.0	11.1	10.1	9.4	10.3
	2.34	2.35	2.22	2.23	2.25	1.90	1.93	2.20	2.17	1.98	1.93	2.08	2.03
200	10.7	11.1	10.7	9.7	9.0	9.8	11.3	12.8	13.0	12.1	11.1	10.4	11.3
	2.21	2.22	2.10	2.11	2.13	1.79	1.84	2.11	2.09	1.90	1.83	1.98	1.95
Freq	7.5	8.5	7.5	5.6	4.7	5.4	7.6	11.6	13.6	12.1	9.0	6.9	100.0

Classe de rugosité 1													
z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	5.4	5.6	5.2	4.6	4.5	4.9	5.8	6.7	6.7	6.0	5.4	5.1	5.7
	1.95	1.94	1.80	1.85	1.80	1.56	1.67	1.90	1.83	1.65	1.61	1.74	1.71
25	6.4	6.7	6.2	5.6	5.3	5.9	7.0	7.9	7.9	7.1	6.5	6.1	6.8
	2.11	2.10	1.95	2.00	1.95	1.69	1.78	2.01	1.92	1.74	1.74	1.88	1.83
50	7.4	7.7	7.2	6.4	6.2	6.9	8.1	9.1	9.0	8.2	7.5	7.0	7.8
	2.37	2.36	2.19	2.24	2.19	1.89	1.97	2.18	2.07	1.90	1.95	2.12	2.01
100	8.8	9.1	8.5	7.6	7.4	8.2	9.5	10.5	10.4	9.5	8.9	8.4	9.2
	2.53	2.51	2.33	2.39	2.33	2.02	2.11	2.34	2.23	2.04	2.08	2.25	2.16
200	10.9	11.4	10.6	9.5	9.1	10.2	11.5	12.6	12.4	11.5	11.1	10.4	11.3
	2.41	2.40	2.22	2.28	2.22	1.92	2.02	2.25	2.15	1.96	1.99	2.15	2.10
Freq	7.9	8.6	7.0	5.1	4.7	5.7	8.4	12.8	13.5	11.6	8.2	6.7	100.0

Classe de rugosité 2													
z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	4.7	4.9	4.5	4.0	3.9	4.3	5.2	5.9	5.8	5.1	4.6	4.4	5.0
	1.97	1.96	1.84	1.92	1.80	1.56	1.70	1.93	1.83	1.62	1.63	1.76	1.72
25	5.8	6.0	5.5	4.9	4.8	5.4	6.4	7.2	7.1	6.3	5.8	5.4	6.1
	2.11	2.09	1.97	2.05	1.93	1.67	1.80	2.02	1.91	1.70	1.75	1.88	1.82
50	6.8	7.0	6.5	5.8	5.6	6.4	7.4	8.3	8.2	7.3	6.8	6.4	7.1
	2.34	2.31	2.18	2.27	2.13	1.84	1.96	2.17	2.04	1.84	1.94	2.08	1.98
100	8.1	8.4	7.7	6.9	6.7	7.6	8.8	9.7	9.6	8.6	8.1	7.6	8.4
	2.57	2.55	2.40	2.50	2.35	2.02	2.15	2.38	2.23	2.02	2.13	2.29	2.17
200	9.9	10.3	9.6	8.5	8.3	9.4	10.6	11.6	11.4	10.4	10.0	9.4	10.3
	2.46	2.44	2.30	2.39	2.24	1.94	2.07	2.30	2.16	1.94	2.03	2.19	2.12
Freq	8.1	8.6	6.8	5.0	4.7	5.8	8.6	13.2	13.5	11.4	7.9	6.6	100.0

Classe de rugosité 3													
z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	3.7	3.8	3.5	3.1	3.0	3.5	4.1	4.7	4.6	4.0	3.6	3.4	3.9
	1.98	1.96	1.84	1.83	1.73	1.60	1.74	1.95	1.81	1.61	1.66	1.77	1.72
25	4.9	5.1	4.6	4.1	4.0	4.6	5.4	6.1	5.9	5.2	4.8	4.5	5.1
	2.10	2.08	1.95	1.94	1.83	1.69	1.82	2.03	1.88	1.68	1.76	1.87	1.81
50	5.9	6.1	5.5	4.9	4.8	5.6	6.5	7.3	7.1	6.3	5.8	5.5	6.2
	2.28	2.26	2.12	2.11	1.99	1.83	1.95	2.15	1.98	1.79	1.91	2.04	1.94
100	7.1	7.4	6.7	5.9	5.8	6.8	7.8	8.6	8.4	7.5	7.0	6.6	7.4
	2.60	2.57	2.41	2.40	2.26	2.09	2.19	2.37	2.17	2.01	2.17	2.32	2.17
200	8.6	9.0	8.2	7.3	7.1	8.3	9.4	10.3	10.0	9.1	8.5	8.1	9.0
	2.50	2.47	2.32	2.31	2.18	2.01	2.13	2.35	2.16	1.96	2.09	2.23	2.13
Freq	8.3	8.6	6.6	4.8	4.7	6.0	8.9	13.7	13.4	11.0	7.5	6.5	100.0

z	Classe 0		Classe 1		Classe 2		Classe 3	
10	7.2	449	5.1	182	4.4	119	3.5	58
25	7.9	572	6.0	285	5.4	207	4.6	123
50	8.5	687	6.9	390	6.3	300	5.5	199
100	9.2	884	8.2	589	7.5	452	6.6	307
200	10.1	1220	10.0	1106	9.1	831	7.9	548

Classe de rugosité 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	9.8	7.5	4.8	6.7	7.9	7.8	6.7	5.0	5.5	7.0	8.3	9.4	7.9
	2.03	1.41	1.40	1.66	1.89	1.92	1.78	1.87	1.49	1.75	2.11	2.15	1.81
25	10.7	8.2	5.3	7.3	8.6	8.6	7.4	5.5	6.0	7.7	9.1	10.2	8.7
	2.07	1.43	1.44	1.71	1.95	1.99	1.83	1.93	1.54	1.81	2.17	2.20	1.85
50	11.4	8.8	5.8	7.8	9.3	9.2	7.9	5.9	6.5	8.3	9.8	10.9	9.3
	2.12	1.47	1.48	1.75	2.00	2.04	1.88	1.98	1.58	1.86	2.23	2.26	1.90
100	12.3	9.4	6.2	8.5	10.0	10.0	8.6	6.4	7.0	9.0	10.6	11.8	10.1
	2.08	1.44	1.43	1.70	1.94	1.98	1.82	1.92	1.53	1.80	2.16	2.21	1.86
200	13.3	10.1	6.8	9.4	11.1	11.0	9.5	7.0	7.7	9.9	11.7	12.8	11.0
	2.02	1.40	1.36	1.61	1.84	1.87	1.73	1.81	1.46	1.70	2.05	2.12	1.79
Freq	11.6	4.3	2.4	4.5	9.0	10.6	6.4	3.5	4.3	8.6	16.3	18.6	100.0

Classe de rugosité 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	6.8	4.3	3.4	4.8	5.6	5.3	4.2	3.4	3.9	5.0	5.9	6.8	5.5
	1.72	1.10	1.19	1.46	1.63	1.62	1.40	1.58	1.27	1.52	1.85	1.91	1.58
25	8.1	5.2	4.1	5.8	6.7	6.4	5.0	4.1	4.7	6.0	7.1	8.1	6.6
	1.79	1.14	1.27	1.58	1.76	1.74	1.51	1.71	1.37	1.64	2.00	2.01	1.68
50	9.1	5.9	4.8	6.8	7.7	7.4	5.9	4.8	5.6	7.0	8.2	9.2	7.6
	1.90	1.22	1.43	1.77	1.96	1.96	1.70	1.92	1.53	1.85	2.24	2.17	1.84
100	10.5	6.9	5.8	8.0	9.2	8.8	7.0	5.7	6.6	8.3	9.8	10.6	9.0
	2.05	1.30	1.52	1.88	2.09	2.09	1.81	2.04	1.63	1.96	2.39	2.33	1.97
200	12.2	8.1	7.1	10.0	11.3	11.0	8.7	7.1	8.2	10.3	12.1	12.6	11.0
	1.98	1.26	1.45	1.80	2.00	1.99	1.73	1.95	1.56	1.88	2.28	2.24	1.91
Freq	9.1	3.2	2.5	5.3	10.3	10.3	4.9	3.3	4.8	10.1	18.4	17.9	100.0

Classe de rugosité 2

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	5.9	3.3	3.0	4.2	4.9	4.6	3.5	2.9	3.5	4.4	5.2	6.0	4.8
	1.67	1.02	1.21	1.46	1.67	1.64	1.44	1.51	1.31	1.56	1.86	1.93	1.59
25	7.2	4.1	3.8	5.2	6.0	5.7	4.4	3.6	4.3	5.5	6.4	7.4	5.9
	1.74	1.06	1.29	1.56	1.79	1.76	1.54	1.61	1.40	1.67	1.99	2.02	1.68
50	8.3	4.8	4.5	6.2	7.1	6.7	5.2	4.3	5.2	6.4	7.5	8.5	7.0
	1.83	1.13	1.42	1.73	1.98	1.94	1.70	1.78	1.55	1.85	2.20	2.15	1.82
100	9.6	5.8	5.4	7.4	8.5	8.0	6.2	5.1	6.2	7.7	8.9	9.9	8.3
	1.99	1.23	1.56	1.90	2.18	2.13	1.87	1.96	1.70	2.03	2.42	2.36	1.99
200	11.2	6.8	6.6	9.1	10.5	9.9	7.6	6.3	7.6	9.5	11.0	11.7	10.0
	1.94	1.19	1.49	1.81	2.08	2.04	1.79	1.87	1.63	1.94	2.31	2.28	1.94
Freq	8.3	2.8	2.5	5.6	10.7	10.1	4.4	3.3	4.9	10.7	19.2	17.6	100.0

Classe de rugosité 3

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	4.5	2.2	2.4	3.4	3.9	3.6	2.6	2.4	2.7	3.5	4.1	4.9	3.8
	1.58	1.01	1.27	1.51	1.69	1.66	1.59	1.65	1.28	1.61	1.91	1.98	1.61
25	5.9	3.0	3.2	4.5	5.1	4.8	3.4	3.1	3.7	4.7	5.4	6.3	5.0
	1.63	1.06	1.35	1.60	1.78	1.76	1.68	1.75	1.36	1.70	2.02	2.05	1.68
50	7.0	3.7	3.9	5.4	6.2	5.8	4.1	3.8	4.5	5.6	6.6	7.6	6.0
	1.69	1.15	1.46	1.74	1.93	1.91	1.83	1.90	1.47	1.85	2.19	2.16	1.80
100	8.3	4.6	4.8	6.6	7.5	7.0	5.0	4.6	5.5	6.8	7.9	8.9	7.3
	1.82	1.30	1.66	1.98	2.19	2.17	2.08	2.16	1.67	2.10	2.50	2.36	2.00
200	9.7	5.6	5.9	8.0	9.1	8.5	6.1	5.6	6.6	8.3	9.7	10.6	8.8
	1.83	1.26	1.60	1.90	2.12	2.09	2.01	2.08	1.61	2.03	2.41	2.35	1.97
Freq	7.1	2.3	2.7	6.0	11.2	9.8	3.8	3.3	5.3	11.4	19.9	17.1	100.0

z	Classe 0		Classe 1		Classe 2		Classe 3	
10	7.1	458	5.0	189	4.3	123	3.4	59
25	7.7	583	5.9	293	5.3	213	4.5	127
50	8.3	699	6.8	399	6.2	306	5.4	203
100	8.9	902	8.0	601	7.3	459	6.4	312
200	9.8	1248	9.7	1129	8.9	849	7.8	559

Classe de rugosité 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	4.7	4.1	4.4	5.4	5.9	5.3	4.8	5.3	7.3	7.8	7.4	6.3	6.5
	1.72	2.15	1.66	1.44	1.54	1.56	1.73	1.56	1.59	1.67	1.73	1.91	1.56
25	5.2	4.4	4.9	5.9	6.4	5.9	5.3	5.8	8.0	8.5	8.1	6.8	7.1
	1.77	2.21	1.71	1.49	1.59	1.60	1.78	1.60	1.63	1.71	1.78	1.97	1.60
50	5.6	4.8	5.2	6.3	6.9	6.3	5.7	6.2	8.6	9.1	8.7	7.4	7.7
	1.82	2.27	1.75	1.53	1.63	1.65	1.82	1.65	1.68	1.75	1.83	2.02	1.64
100	6.0	5.2	5.7	6.8	7.5	6.8	6.2	6.7	9.3	9.8	9.4	8.0	8.3
	1.76	2.20	1.70	1.48	1.58	1.60	1.77	1.60	1.63	1.71	1.77	1.96	1.60
200	6.6	5.7	6.2	7.5	8.2	7.5	6.8	7.4	10.1	10.7	10.4	8.8	9.1
	1.67	2.08	1.61	1.40	1.50	1.51	1.67	1.51	1.56	1.64	1.68	1.86	1.53
Freq	4.5	3.2	3.5	5.4	6.1	4.7	3.5	4.3	12.1	23.0	20.1	9.6	100.0

Classe de rugosité 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	3.0	2.8	3.2	3.8	4.0	3.5	3.3	3.7	5.2	5.4	4.9	4.1	4.5
	1.45	1.84	1.38	1.25	1.32	1.36	1.45	1.29	1.41	1.47	1.50	1.53	1.36
25	3.6	3.4	3.8	4.6	4.8	4.3	4.0	4.5	6.3	6.5	5.9	4.9	5.4
	1.56	1.99	1.49	1.34	1.42	1.46	1.56	1.39	1.50	1.56	1.62	1.65	1.44
50	4.3	4.0	4.5	5.4	5.7	5.0	4.7	5.2	7.3	7.5	6.9	5.7	6.3
	1.76	2.24	1.67	1.50	1.59	1.64	1.75	1.56	1.64	1.71	1.81	1.85	1.59
100	5.1	4.7	5.3	6.5	6.8	6.0	5.6	6.3	8.5	8.8	8.2	6.8	7.5
	1.87	2.38	1.77	1.60	1.69	1.74	1.86	1.66	1.76	1.83	1.93	1.97	1.69
200	6.3	5.8	6.6	8.1	8.4	7.4	7.0	7.7	10.3	10.6	10.1	8.4	9.1
	1.79	2.27	1.69	1.52	1.62	1.67	1.78	1.58	1.69	1.76	1.84	1.88	1.64
Freq	4.0	3.0	3.8	6.1	5.9	4.2	3.3	4.7	15.1	25.4	17.1	7.4	100.0

Classe de rugosité 2

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	2.6	2.5	2.8	3.4	3.5	3.0	2.9	3.3	4.6	4.7	4.2	3.5	3.9
	1.58	1.86	1.35	1.30	1.36	1.37	1.44	1.30	1.44	1.48	1.52	1.56	1.37
25	3.3	3.1	3.5	4.3	4.4	3.8	3.6	4.1	5.7	5.8	5.2	4.3	4.9
	1.69	1.99	1.44	1.38	1.45	1.47	1.54	1.38	1.51	1.56	1.63	1.67	1.45
50	3.8	3.6	4.1	5.1	5.3	4.5	4.3	4.8	6.7	6.8	6.1	5.1	5.8
	1.86	2.20	1.59	1.53	1.60	1.62	1.70	1.53	1.64	1.69	1.80	1.84	1.57
100	4.6	4.3	4.9	6.2	6.3	5.4	5.1	5.8	7.9	8.1	7.3	6.1	6.9
	2.05	2.42	1.74	1.68	1.75	1.77	1.87	1.68	1.80	1.85	1.98	2.02	1.72
200	5.7	5.3	6.1	7.6	7.8	6.6	6.3	7.1	9.5	9.7	9.0	7.6	8.4
	1.96	2.31	1.67	1.61	1.68	1.70	1.79	1.61	1.73	1.78	1.89	1.94	1.67
Freq	3.8	3.0	3.8	6.3	5.8	4.0	3.3	4.9	16.2	26.2	16.0	6.6	100.0

Classe de rugosité 3

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	2.0	2.0	2.3	2.7	2.8	2.4	2.3	2.6	3.7	3.8	3.2	2.6	3.1
	1.68	1.83	1.40	1.27	1.34	1.48	1.51	1.35	1.45	1.51	1.62	1.58	1.39
25	2.6	2.6	3.0	3.6	3.7	3.2	3.0	3.5	4.8	5.0	4.2	3.5	4.1
	1.77	1.94	1.48	1.34	1.42	1.56	1.60	1.43	1.52	1.58	1.72	1.68	1.46
50	3.2	3.1	3.7	4.4	4.5	3.8	3.7	4.2	5.8	6.0	5.1	4.2	5.0
	1.93	2.11	1.61	1.45	1.54	1.70	1.74	1.55	1.62	1.69	1.86	1.82	1.55
100	3.8	3.8	4.5	5.4	5.5	4.7	4.5	5.2	7.0	7.2	6.2	5.1	6.0
	2.20	2.40	1.83	1.65	1.75	1.93	1.98	1.76	1.81	1.89	2.12	2.07	1.74
200	4.7	4.6	5.5	6.6	6.7	5.7	5.5	6.3	8.4	8.6	7.6	6.2	7.3
	2.12	2.31	1.76	1.59	1.69	1.86	1.91	1.70	1.77	1.85	2.05	2.00	1.70
Freq	3.6	3.0	4.0	6.5	5.7	3.8	3.4	5.4	17.7	26.7	14.5	5.7	100.0

z	Classe 0		Classe 1		Classe 2		Classe 3	
10	5.9	317	4.1	135	3.6	89	2.8	43
25	6.4	399	4.9	208	4.4	152	3.7	90
50	6.9	477	5.6	276	5.2	215	4.5	142
100	7.4	624	6.7	416	6.1	318	5.4	213
200	8.2	883	8.2	805	7.5	603	6.5	389

Classe de rugosité 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	7.6	7.7	7.3	6.6	6.3	7.5	8.7	9.6	9.8	9.4	8.4	7.6	8.5
	2.38	2.40	2.24	2.12	2.09	1.99	1.90	1.98	1.97	1.91	1.92	2.20	1.91
25	8.4	8.4	8.0	7.3	6.9	8.2	9.5	10.5	10.7	10.2	9.2	8.3	9.3
	2.46	2.47	2.31	2.19	2.16	2.05	1.94	2.01	2.00	1.94	1.97	2.27	1.96
50	9.0	9.0	8.6	7.8	7.4	8.8	10.2	11.2	11.4	10.9	9.8	8.9	10.0
	2.53	2.54	2.37	2.24	2.22	2.10	1.99	2.07	2.05	2.00	2.02	2.33	2.01
100	9.7	9.8	9.4	8.4	8.0	9.5	11.0	12.0	12.2	11.7	10.6	9.6	10.7
	2.45	2.46	2.30	2.17	2.15	2.04	1.95	2.03	2.02	1.96	1.97	2.26	1.97
200	10.8	10.8	10.4	9.3	8.9	10.5	11.9	13.0	13.2	12.7	11.6	10.7	11.7
	2.31	2.33	2.17	2.06	2.03	1.93	1.87	1.96	1.96	1.90	1.88	2.13	1.91
Freq	6.8	7.1	5.4	4.0	3.9	5.3	9.7	14.7	15.6	12.3	8.7	6.4	100.0

Classe de rugosité 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	5.4	5.3	5.0	4.5	4.4	5.4	6.2	6.9	6.9	6.5	5.7	5.2	6.0
	2.04	1.97	1.83	1.83	1.72	1.69	1.64	1.78	1.75	1.67	1.70	1.83	1.68
25	6.5	6.3	6.0	5.4	5.3	6.5	7.4	8.1	8.2	7.7	6.8	6.2	7.1
	2.20	2.13	1.98	1.98	1.86	1.83	1.73	1.86	1.83	1.75	1.83	1.97	1.77
50	7.5	7.3	7.0	6.3	6.1	7.5	8.4	9.2	9.3	8.7	7.9	7.2	8.1
	2.47	2.39	2.22	2.22	2.09	2.06	1.87	1.98	1.94	1.88	2.05	2.22	1.92
100	8.9	8.7	8.3	7.4	7.3	8.9	9.7	10.6	10.6	10.0	9.4	8.5	9.5
	2.63	2.55	2.37	2.37	2.22	2.19	2.00	2.13	2.08	2.02	2.19	2.36	2.08
200	11.0	10.8	10.3	9.2	9.0	11.1	11.6	12.4	12.4	11.9	11.6	10.6	11.4
	2.52	2.43	2.26	2.26	2.12	2.09	1.93	2.06	2.02	1.95	2.09	2.25	2.04
Freq	7.3	6.8	4.8	3.8	4.1	5.8	11.1	15.8	15.1	11.3	8.0	6.1	100.0

Classe de rugosité 2

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	4.7	4.6	4.4	3.9	3.8	4.8	5.5	6.1	6.0	5.6	4.8	4.5	5.2
	2.04	1.94	1.81	1.81	1.72	1.71	1.67	1.80	1.74	1.68	1.71	1.88	1.68
25	5.8	5.7	5.4	4.8	4.8	5.9	6.7	7.4	7.3	6.9	6.0	5.6	6.4
	2.19	2.08	1.94	1.94	1.84	1.83	1.75	1.87	1.81	1.75	1.83	2.02	1.77
50	6.8	6.7	6.3	5.6	5.6	6.9	7.8	8.5	8.4	7.9	7.1	6.6	7.4
	2.42	2.30	2.15	2.15	2.04	2.02	1.87	1.98	1.90	1.86	2.02	2.23	1.90
100	8.1	7.9	7.6	6.7	6.7	8.3	9.1	9.8	9.8	9.2	8.4	7.8	8.7
	2.66	2.53	2.36	2.36	2.24	2.22	2.06	2.16	2.08	2.03	2.22	2.45	2.09
200	10.0	9.8	9.3	8.3	8.2	10.2	10.8	11.5	11.4	10.9	10.4	9.6	10.5
	2.54	2.42	2.26	2.26	2.14	2.13	1.99	2.10	2.02	1.97	2.13	2.35	2.05
Freq	7.4	6.8	4.6	3.7	4.1	6.0	11.7	16.1	15.0	11.0	7.7	5.9	100.0

Classe de rugosité 3

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	3.7	3.6	3.4	3.0	3.0	3.8	4.3	4.8	4.8	4.3	3.7	3.5	4.1
	2.03	1.98	1.75	1.91	1.76	1.71	1.68	1.83	1.77	1.66	1.78	1.92	1.69
25	4.9	4.8	4.5	3.9	4.0	5.0	5.7	6.2	6.2	5.7	4.9	4.7	5.4
	2.16	2.10	1.86	2.03	1.87	1.81	1.75	1.89	1.83	1.72	1.89	2.04	1.77
50	5.9	5.8	5.4	4.7	4.8	6.1	6.8	7.4	7.4	6.8	6.0	5.6	6.4
	2.34	2.28	2.02	2.20	2.03	1.96	1.85	1.98	1.92	1.81	2.05	2.21	1.87
100	7.1	6.9	6.5	5.7	5.8	7.3	8.1	8.8	8.7	8.0	7.2	6.8	7.7
	2.67	2.60	2.30	2.51	2.31	2.23	2.03	2.14	2.07	1.98	2.34	2.52	2.07
200	8.7	8.5	8.0	7.0	7.1	8.9	9.6	10.3	10.2	9.5	8.8	8.3	9.2
	2.57	2.50	2.22	2.42	2.22	2.15	2.01	2.15	2.08	1.97	2.25	2.43	2.07
Freq	7.6	6.6	4.4	3.7	4.2	6.4	12.3	16.5	14.7	10.5	7.3	5.8	100.0

z	Classe 0		Classe 1		Classe 2		Classe 3	
10	7.6	529	5.3	216	4.7	143	3.7	68
25	8.3	673	6.3	337	5.7	247	4.8	145
50	8.8	804	7.2	459	6.6	356	5.7	234
100	9.5	1021	8.4	668	7.7	519	6.8	357
200	10.4	1377	10.1	1192	9.3	916	8.2	613

Partie III

LES MODELES ET LES ANALYSES

Chapitre 8

Le modèle de l'Atlas Eolien

Ce chapitre présente les parties physiques et statistiques du modèle utilisé pour la réalisation de l'Atlas Eolien. Après la description des différents outils de modélisation physique et statistique, on traite des aspects plus pratiques concernant le traitement des données et la mise en forme des descriptions des conditions anémométriques. Finalement, les incertitudes et les erreurs possibles provenant à la fois des données brutes et du modèle sont discutées.

Au cours du développement du présent modèle, un certain nombre de concepts de modélisation ont été testés. Quelques uns ont été abandonnés durant la phase finale de mise au point du modèle de l'Atlas. Certaines de ces approches ont déjà été publiées ailleurs, par exemple Petersen et al. (1984), Petersen and Troen (1986) et Sacré (1987).

8.1 Les bases physiques

Comme décrit précédemment dans l'introduction de ce livre, le concept de l'Atlas Eolien repose sur l'utilisation d'un ensemble de modèles pour la correction des mesures de vent et sur une analyse des données corrigées en termes de distribution fréquentielle. En principe, la correction peut être faite soit sur la base d'une série chronologique, en transformant chaque valeur mesurée, soit par une transformation adéquate des distributions. Initialement les travaux ont été concentrés sur les séries temporelles. L'opération de transformation des séries comporte des applications qui débordent de l'objet de cet Atlas; une telle application consisterait en la mise au point de séries temporelles de sites spécifiques pour des études de simulation telles qu'elles sont décrites par Petersen (1986). Le présent modèle est basé sur la transformation des distributions de fréquence. Le modèle, installé sur ordinateur, est intitulé *Wind Atlas Analysis and Application Program* (WASP). Les différentes parties de ce modèle sont décrites ci-dessous.

Lois de similitude de la couche limite de surface

La couche atmosphérique la plus proche du sol est appelée couche limite atmosphérique. Son épaisseur peut atteindre une centaine de mètres lors des nuits claires avec des vents faibles, et plus de 2000 mètres par une belle journée d'été. La couche au contact du sol est appelée couche limite de surface et définie parfois comme étant une portion fixe, de 10% environ, de l'épaisseur de la couche limite atmosphérique. Pour la climatologie se rapportant à l'utilisation de l'énergie éolienne, on néglige les vitesses les plus faibles du vent de façon à ne considérer que les situations où l'épaisseur de la couche limite atmosphérique s'étend jusqu'à approximativement 1 km et où la physique de la couche limite de surface s'applique pour les 100 premiers mètres. Pour les grandes vitesses de vent, le profil du vent au dessus d'un terrain plat et relativement homogène est bien représenté par la loi logarithmique:

$$u(z) = \frac{u_*}{\kappa} \ln \frac{z}{z_0} \quad (8.1)$$

où $u(z)$ est la vitesse du vent à la hauteur z au dessus du sol, z_0 la longueur de rugosité, κ la constante de von Kármán, considérée ici égale à 0.40, et u_* est appelée vitesse de frottement liée à la contrainte de surface τ par la relation:

$$|\tau| = \rho u_*^2 \quad (8.2)$$

où ρ est la densité de l'air. Même pour des vitesses de vent modérées, des écarts par rapport au profil logarithmique se produisent quand z dépasse quelques dizaines de mètres. Ces écarts sont causés par l'effet des forces verticales de pression dans la dynamique de la turbulence; la rugosité n'est plus la seule caractéristique de surface concernée et on doit aussi tenir compte des paramètres décrivant le flux de chaleur de surface. Avec le refroidissement nocturne, la turbulence diminue ce qui conduit à une augmentation rapide du profil de vent avec la hauteur; inversement, le réchauffement diurne augmente la turbulence donnant ainsi un profil plus constant avec la hauteur. Les lois de similitude de ces profils généraux sont données par les expressions:

$$u(z) = \frac{u_*}{\kappa} [\ln(z/z_0) - \psi(z/L)] \quad (8.3)$$

où ψ est une fonction empirique (Businger, 1973; Dyer, 1974). Le nouveau paramètre introduit dans cette expression est appelé longueur de Monin-Obukhov L :

$$L = \frac{T_0}{\kappa g} \frac{c_p u_*^3}{H_0} \quad (8.4)$$

où T_0 et H_0 représentent respectivement la température absolue de la surface et le flux de chaleur, c_p est la chaleur spécifique de l'air à pression constante, g l'accélération de la gravité. La prise en compte des effets du flux de chaleur de surface dans le modèle est décrite au paragraphe 8.2.

Loi du frottement géostrophique et vent géostrophique

On peut considérer que les vents dans la couche limite atmosphérique sont dûs aux différences de pression causées par l'activité synoptique, c.a.d le passage des systèmes de hautes et de basses pressions. Comme la structure de la couche limite atmosphérique a un temps de réponse plutôt rapide aux changements du champ de pression, un équilibre approximatif est atteint entre le gradient de pression et la force de frottement à la surface de la terre. Cet équilibre peut être théoriquement démontré pour des conditions idéales de stationnarité, d'homogénéité et de barotropie (le gradient de pression est constant sur toute l'épaisseur de la couche limite). Cet équilibre a déjà été décrit par Rossby et Montgomery (1935) pour des conditions de stabilité neutre. Le résultat s'exprime généralement sous la forme d'une relation (appelée loi du frottement géostrophique) entre la vitesse de frottement de surface u_* et le vent géostrophique G :

$$G = \frac{u_*}{\kappa} \sqrt{\left(\ln \left(\frac{u_*}{f z_0} \right) - A \right)^2 + B^2}$$

$$\sin \alpha = -\frac{B u_*}{\kappa G}$$
(8.5)

où α est l'angle entre le vent au voisinage de la surface et le vent géostrophique, f le paramètre de Coriolis et A et B des constantes empiriques (ici $A = 1.8$, $B = 4.5$). Le vent géostrophique peut être calculé à partir du gradient de pression en surface et il est souvent égal au vent mesuré par les radiosondes au-dessus de la couche limite atmosphérique. La loi du frottement géostrophique peut être étendue aux conditions de stabilité non neutre pour lesquelles les constantes A et B deviennent alors des fonctions du paramètre de stabilité μ défini par:

$$\mu = \frac{\kappa u_*}{f L}$$
(8.6)

8.2 Le modèle de stabilité

En énergie éolienne, les modifications du profil logarithmique du vent dues à la stabilité sont souvent négligées: ceci est justifié par l'insignifiance relative de la gamme des vitesses de vent faibles. Le présent modèle considère les modifications de stabilité comme des petites perturbations de l'état neutre de base.

Afin de tenir compte approximativement des effets de la variabilité du flux de chaleur sans avoir besoin de reconstituer individuellement chaque profil de vent, on adopte une méthode simplifiée qui requiert l'introduction du flux de chaleur de surface seulement sous forme de moyennes climatologiques (simples et quadratiques).

Le modèle est déterminé à partir de la loi de frottement géostrophique et du profil de vitesse à l'aide d'un développement de premier ordre pour le flux de chaleur à partir de l'état neutre. La différentielle de l'équation 8.5 (en gardant G , z_0 , et f constants) est:

$$dG = 0 = \frac{du_*}{u_*} G - \frac{u_*^2}{\kappa^2 G} \left[\left(\ln \frac{u_*}{f z_0} - A(\mu) \right) \left(\frac{du_*}{u_*} - \frac{dA}{d\mu} d\mu \right) + B \frac{dB}{d\mu} d\mu \right] \quad (8.7)$$

En utilisant les équations 8.5 et 8.4 et en remplaçant les divers coefficients par leurs valeurs en régime neutre:

$$A(0) \approx 1.8 \quad B(0) \approx 4.5$$

$$\frac{dA}{d\mu} \approx -0.2 \quad \frac{dB}{d\mu} \approx +0.2$$

et en négligeant les termes petits, on trouve la relation suivante:

$$\frac{du_*}{u_*} \simeq \left[\frac{cg}{f T_0 c_p \rho G^2} \right] dH \quad (8.8)$$

avec la constante numérique $c \approx 2.5$. Cette équation est utilisée pour évaluer l'écart par rapport à la valeur neutre de u_* , en considérant la valeur moyenne climatologique du flux de chaleur de surface dH . Pour évaluer la moyenne quadratique des fluctuations de u_* , on utilise la moyenne quadratique du flux de chaleur dH . Dans cette application, le vent géostrophique G est égal à la valeur du vent où la distribution fréquentielle de la vitesse du vent passe par un maximum de densité d'énergie, voir paragraphe 8.6.

La différentielle du profil du vent, équation 8.3, est:

$$du(z) = \frac{du_*}{\kappa} (\ln(z/z_0) - \psi(z/L)) - \frac{u_*}{\kappa} \frac{d\psi}{dL} \frac{dL}{dH} dH \quad (8.9)$$

En remplaçant les coefficients par leurs valeurs en régime neutre, comme précédemment, et en utilisant l'équation 8.8, l'expression obtenue donne la hauteur au dessus du sol z_m où les effets du premier ordre des modulations du flux de chaleur de surface s'annulent; comme conséquence, on obtient un minimum de variance de la vitesse du vent (en faisant $du(z_m) = 0$), c'est à dire:

$$\frac{z_m}{\ln(z_m/z_0)} = \left(\frac{c}{a\kappa} \right) \frac{u_*^3}{f G^2} \quad (8.10)$$

où la nouvelle constante numérique a représente la pente de la fonction ψ en régime neutre avec une valeur comprise entre 4 et 5 qui dépend des expressions utilisées en cas stable ou instable. En utilisant la loi de frottement simplifiée en régime neutre (Jensen et al., 1984):

$$\frac{u_{*0}}{G} = \frac{0.5}{\ln(Ro) - A(0)} \quad (8.11)$$

L'équation 8.10 peut être exprimée de manière plus élégante:

$$\frac{z_m/z_0}{\ln(z_m/z_0)} \approx \text{constante} \cdot Ro(\ln(Ro) - A(0))^{-3} \quad (8.12)$$

où la constante ≈ 0.1 et le nombre de Rossby de surface est défini par:

$$Ro = \frac{G}{f z_0} \quad (8.13)$$

Finalement cette expression peut être approchée à l'aide d'une loi de puissance:

$$z_m/z_0 \approx \alpha \cdot Ro^\beta \quad (8.14)$$

où les constantes utilisées sont telles que $\alpha = 2.0 \cdot 10^{-3}$ et $\beta = 0.9$. Il est important de noter que la hauteur z_m est pratiquement constante sur de vastes zones compte tenu de sa faible dépendance de z_0 ($\sim z_0^{0.1}$). On rencontre cependant une exception sur les côtes où z_m sur mer est égal approximativement à la moitié de sa valeur sur le continent.

Les effets de stabilité non neutre sont paramétrisés par leur influence sur le profil vertical de la valeur moyenne climatologique et de l'écart-type de la vitesse du vent en utilisant les expressions ci-dessus.

La hauteur du minimum de variance z_m est déterminée à partir de l'équation 8.14. A ce niveau, l'écart relatif de la vitesse moyenne par rapport à sa valeur en régime neutre est égale à la somme de l'écart causé par une compensation moyenne du flux de chaleur ΔH_{off} et d'une contribution de la variabilité du flux de chaleur ΔH_{rms} :

$$\frac{\Delta u(z_m)}{u_0(z_m)} = \frac{\Delta u_*}{u_{*0}} - \frac{\psi(z_m/L_{off}) + \psi(z_m/L_{rms})}{\ln(z_m/z_0)} \quad (8.15)$$

où L_{off} est la longueur de Monin-Obukhov correspondante à ΔH_{off} et L_{rms} correspond à $F_{rms} \Delta H_{rms}$. F_{rms} est un facteur de forme qui tient compte de la différence de la forme de la fonction ψ qui, en passant des conditions stables aux conditions

instables, entraînera en moyenne des valeurs biaisées vers les vitesses de vent les plus fortes au niveau z_m . Ceci est explicité par les formes des fonctions données ici (Jensen et al., 1984):

$$\psi(z/L) = \begin{cases} \left(1 - 16\frac{z}{L}\right)^{1/4} - 1 & \text{pour les conditions instables} \\ -4.7\frac{z}{L} & \text{pour les conditions stables} \end{cases} \quad (8.16)$$

La plus petite variation verticale du profil instable provoque en moyenne en z_m un glissement vers le côté instable de la vitesse du vent, même dans le cas où la moyenne du flux de chaleur de surface est nulle (figure 8.1).

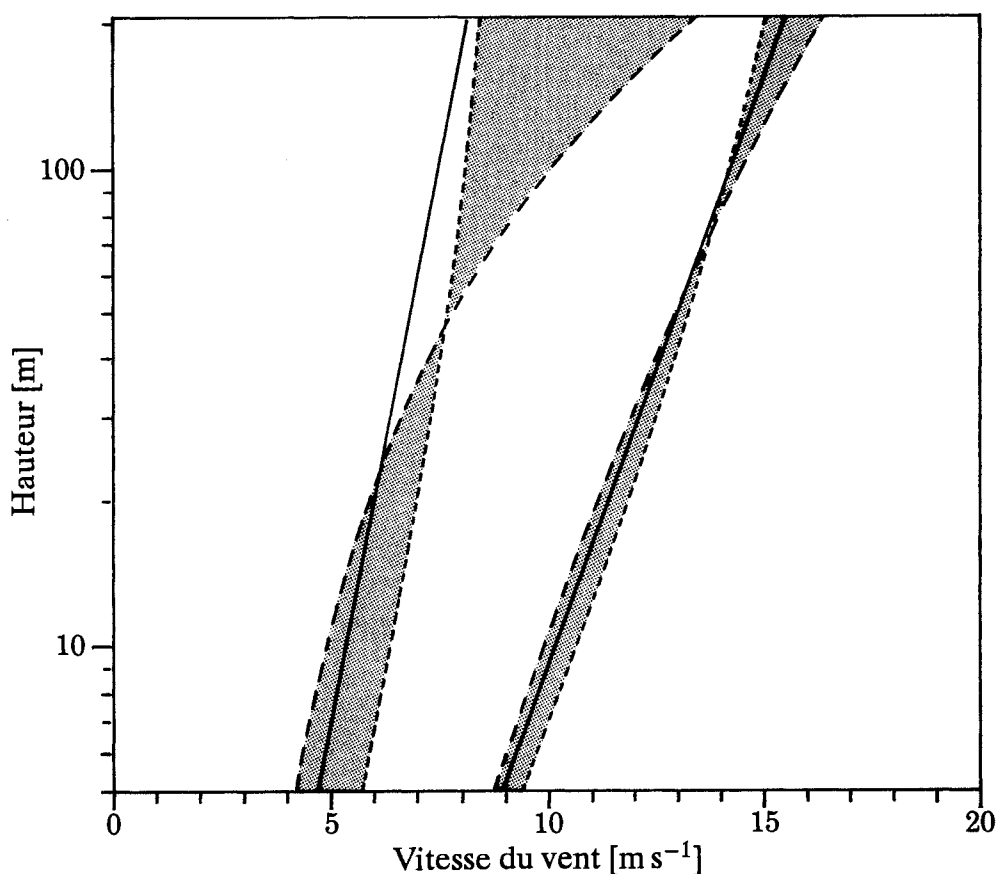


Figure 8.1: Caractéristiques du profil vertical du vent: les graphes de gauche montrent une gamme de profils verticaux de la vitesse du vent (zone sombre) correspondante à un vent géostrophique constant de 10 m s^{-1} et à une gamme typique de flux de chaleur de surface. Les graphes de droite correspondent à $G = 20 \text{ m s}^{-1}$ et également à la même gamme de flux de chaleur de surface.

Le flux de chaleur positif effectif est supposé être égal au produit de sa moyenne quadratique par le facteur F_{ms} pris égal ici à 0.6.

La variation verticale de l'écart relatif moyen de la vitesse du vent u et de son écart type σ_u sont finalement explicités sous la forme suivante:

$$u(z) = u_0(z) \left(1 + \frac{\Delta u(z_m)}{u_0(z_m)} (1 - f(z)) + \frac{\Delta u_{*off}}{u_{*0}} \right) \quad (8.17)$$

$$\sigma_u(z) = \sigma_{u0}(z) \left(1 + \frac{\Delta u_{*off}}{u_{*0}} |f(z)| \right) \quad (8.18)$$

où la fonction de profil $f(z)$ est déterminée à partir du développement limité au premier ordre de $u(z)$:

$$f(z) = 1 - \frac{z \ln(z_m/z_0)}{z_m \ln(z/z_0)} \quad (8.19)$$

Ces expressions sont utilisées dans l'analyse pour évaluer le degré de "contamination" des données d'entrée par les effets de stabilité, et pour réintroduire ensuite des valeurs plus saines lors du calcul des statistiques de vent pour les différentes hauteurs et conditions de surface. Un jeu de données particulier d'une station météorologique située en mer peut être utilisé pour estimer les conditions de vent sur le continent en tenant compte des différences des paramètres du flux de chaleur pour des conditions marine et continentale.

A ce sujet, les régions côtières sont traitées comme étant des zones intermédiaires entre les régions marine et continentale. Ceci est réalisé en considérant la distance à la côte x dans la direction au vent et en appliquant les corrections de stabilité se rapportant aux conditions marine et continentale, pondérées par un facteur de poids w :

$$w = \frac{\min(x, c)}{c} \quad (8.20)$$

où c est la largeur de la zone côtière, prise ici égale à 10 km. Plus de détails concernant l'application du modèle de stabilité sont donnés dans le paragraphe 8.7.

8.3 Le modèle de changement de la rugosité

Le profil logarithmique du vent s'applique seulement si le terrain en amont est raisonnablement homogène. Si ce n'est pas le cas, des écarts seront observés et par conséquent il n'est pas possible d'attribuer une longueur de rugosité unique au terrain. Des longueurs de rugosité "effectives" peuvent être attribuées par différentes méthodes, mais ceci dépendra de la hauteur d'observation. Une exception consisterait à définir implicitement la longueur de rugosité effective à l'aide de la loi de frottement géostrophique.

Le frottement de surface moyen et la vitesse du vent en surface doivent dépendre des caractéristiques de la surface seulement jusqu'à une certaine distance en amont; les obstacles distants sont "oubliés" par la tendance de la couche limite à s'approcher de l'équilibre entre la force du gradient de pression et la force de frottement. L'échelle de distance impliquée est proportionnelle au rayon de Rossby G/f et elle est de l'ordre de 10 à 100 km. On suppose que, pour la distribution fréquentielle du vent, il est suffisant de considérer les caractéristiques de surface jusqu'à des distances de l'ordre de 10 km. Pour des considérations simples liées à la couche limite de surface et dans le cas de terrain non homogène de petite échelle, il est possible de modéliser le changement de la contrainte de surface qui se produit lorsque des écoulements passent d'une surface de rugosité z_{01} à une autre surface de rugosité z_{02} . Dans ce cas, une couche limite interne (CLI) se développe en aval du point de discontinuité; considérant un point quelconque situé à une distance x sous le vent de la discontinuité, la hauteur h de la CLI est donnée par Panofsky, 1973:

$$\frac{h}{z'_0} \left(\ln \frac{h}{z'_0} - 1 \right) = \text{constante} \cdot \frac{x}{z'_0} \quad (8.21)$$

$$z'_0 = \max(z_{01}, z_{02})$$

Au-dessus de h , aucun changement n'est ressenti, tandis que le profil vertical du vent est perturbé dans la couche située en dessous de h . La valeur de la constante est égale ici à 0.9. On a trouvé que le changement de la vitesse de frottement est bien représenté par une relation empirique qui est déterminée en combinant les profils verticaux de vent en régime neutre au niveau h :

$$\frac{u_{*2}}{u_{*1}} = \frac{\ln(h/z_{01})}{\ln(h/z_{02})} \quad (8.22)$$

où u_{*2} est la vitesse de frottement au point considéré et u_{*1} la vitesse de frottement au vent de la discontinuités. Le profil de vent est perturbé dans la CLI et la vitesse de frottement ne peut pas être calculée à partir des vitesses de vent mesurées en utilisant le profil logarithmique. Cependant, les résultats obtenus aussi bien expérimentalement (Sempreviva et al., 1989) qu'à l'aide de modèles numériques (Rao et al., 1974), montrent que le profil perturbé peut être bien représenté par trois formules logarithmiques:

$$u(z) = \begin{cases} u' \frac{\ln(z/z_{01})}{\ln(c_1 h/z_{01})} & \text{pour } z \geq c_1 h \\ u'' + (u' - u'') \frac{\ln(z/c_2 h)}{\ln(c_1/c_2)} & \text{pour } c_2 h \leq z \leq c_1 h \\ u'' \frac{\ln(z/z_{02})}{\ln(c_2 h/z_{02})} & \text{pour } z \leq c_2 h \end{cases} \quad (8.23)$$

où $u' = (u_{*1}/\kappa) \ln(c_1 h/z_{01})$, $u'' = (u_{*2}/\kappa) \ln(c_2 h/z_{02})$ and $c_1 = 0.3$, $c_2 = 0.09$. A partir de cette équation et à l'aide de l'équation 8.22, la vitesse de frottement u_{*2} correspondant à la vitesse de vent mesurée peut être rattachée à la vitesse de frottement au vent de la discontinuité de rugosité. Lorsqu'il s'agit de plusieurs discontinuités de rugosité, l'équation 8.22 peut être appliquée à plusieurs reprises, et par conséquent une vitesse de vent mesurée peut être utilisée pour calculer la vitesse de frottement en un point situé assez loin en amont. Cependant, les changements successifs de rugosité ne doivent pas être trop proches l'un de l'autre, et pour cela on applique la règle suivante: si x_n est la distance à la $n^{\text{ième}}$ discontinuité, la rugosité au vent doit être estimée comme une moyenne couvrant la zone comprise entre les distances x_n et $2x_n$ dans le secteur de direction considéré. Le facteur 2 est un peu arbitraire et la règle peut être différente pour des situations où les limites de rugosité sont assez nettes, c.a.d sur une zone côtière au bord de la mer.

En allant plus loin dans la direction au vent, le modèle de changement de rugosité que l'on vient de décrire donnera des résultats qui s'écartent de la réalité parce qu'il n'inclut pas l'approche de la couche limite à l'équilibre telle qu'elle est mentionnée ci-dessus. Comme pour le cas des corrections de stabilité, les discordances ou désaccords sont considérés comme des petites perturbations et un modèle simple est construit en considérant le comportement asymptotique. Les caractéristiques de la surface située loin en amont doivent perdre de leur importance lorsque x/D devient grand, où D est la distance d'équilibre (prise ici égale à 10 km), et les relations de la couche limite de surface décrites ci-dessus doivent s'appliquer pour des valeurs de x beaucoup plus petites que D . Ce comportement est obtenu par une simple pondération des changements de rugosité par un facteur W_n :

$$W_n = \exp\left(-\frac{x_n}{D}\right) \quad (8.24)$$

Au lieu de considérer un changement de z_{0n} à z_{0n+1} à une distance x_n , on remplace la valeur $\ln(z_{0n+1})$ par $\ln(z_{0n}) + W_n \ln(z_{0n+1}/z_{0n})$. En appliquant cette pondération successivement, on obtient une valeur de la vitesse de frottement loin en amont ainsi qu'une valeur de la rugosité de surface à l'équilibre correspondant, à laquelle on applique la loi de frottement géostrophique.

8.4 La modélisation des effets d'obstacle

L'effet de frottement sur la surface du sol est dû à la résistance des obstacles allant des grains de sable individuels, herbe, feuillage, ... etc, aux grands arbres et aux constructions. Leur effet collectif est modélisé à l'aide de la longueur de rugosité telle que décrite dans le chapitre 3 et les paragraphes ci-dessus. Au voisinage d'un obstacle individuel, à des distances et à des hauteurs comparables à la hauteur de l'obstacle, le profil du vent est perturbé tout particulièrement dans le sillage sous le vent; par conséquent cet objet doit être traité séparément. Dans le sillage immédiatement derrière un obstacle, tel qu'une rangée d'arbre ou une maison (à une distance sous

le vent égale à moins de cinq fois la hauteur de l'obstacle et à une hauteur égale à moins de deux fois la hauteur de l'obstacle), les détails liés à l'obstacle exercent une influence critique sur le profil de vent. Le sillage à l'arrière de la construction dépend par exemple du détail géométrique du toit et de l'angle d'incidence du vent pour ne citer que deux paramètres. De plus, les sillages provoqués par d'autres obstacles peuvent interférer, ce qui complique davantage le problème.

La raison principale qui nous incite à poser le problème ici est qu'une partie des jeux de données utilisés dans la présente étude proviennent de stations météorologiques dans lesquelles les données de vent sont influencées par des obstacles environnants. Les inconvénients sont généralement minimales tant que cela ne concerne que l'utilisation de l'Atlas Eolien pour les choix des sites d'installation d'aérogénérateurs.

A la lumière de ces remarques, le modèle qui tient compte des effets d'obstacle dans l'analyse doit être considéré comme un outil de correction des données influencées par des obstacles individuels situés suffisamment loin pour que les perturbations soient petites et pour éviter les complications dues aux sillages voisins.

Pour des obstacles bidimensionnels semi-infinis tels que les longues rangées d'arbres, murs ou haies, les expressions utilisées sont celles qui sont données par Perera (1981), obtenues à partir d'études effectuées en soufflerie:

$$\frac{\Delta u}{u} = 9.8 \left(\frac{z_a}{h} \right)^{0.14} \frac{x}{h} (1 - P) \eta \exp(-0.67 \eta^{1.5}) \quad (8.25)$$

où

$$\eta = \frac{z_a}{h} \left(\frac{0.32}{\ln(h/z_0)} \cdot \frac{x}{h} \right)^{-0.47} \quad (8.26)$$

et

- P = porosité = surface dégagée/surface totale
- h = hauteur de l'obstacle
- z_a = hauteur considérée (anémomètre)
- x = distance sous le vent

L'effet d'obstacle sera en général différent pour des obstacles de dimensions finies et une incidence oblique du vent. Dans le chapitre 3, quelques principes directeurs ont été indiqués; cependant, le modèle utilisé pour l'analyse est un peu plus élaboré.

Pour chaque nombre de lignes radiales ou rayons ayant pour origine le point considéré et passant par des obstacles, on note les distances et les hauteurs de ces obstacles. Si un rayon traverse plusieurs obstacles, chacune de ces intersections est initialement traitée comme étant un obstacle semi-infini. On commence par l'obstacle le plus éloigné et on calcule successivement les effets de tous les obstacles situés sous le vent. Si des obstacles sont très proches les uns des autres et que leur zone

d'influence sont juxtaposées, l'effet d'obstacle sous le vent est réduit par la surface relative de l'obstacle situé sous le vent qui est comprise dans la zone d'influence de l'obstacle situé en amont.

Dans ce contexte, on considère que la zone de séparation située au vent d'un obstacle bidimensionnel est limitée par une ligne droite allant du sommet de l'obstacle jusqu'à une distance égale à deux fois la hauteur au vent de l'obstacle et égale à cinq fois la hauteur sous le vent de l'obstacle.

Consécutivement à ces calculs en un point donné et pour une série d'obstacles, l'effet d'obstacle pour chaque rayon est combiné avec les valeurs des effets voisins. Ceci est réalisé pour modéliser le déficit global de quantité de mouvement au bord du sillage. Finalement, l'effet d'obstacle moyen suivant un secteur de direction est calculé en additionnant les effets calculés pour chaque rayon dans le secteur. Ici huit rayons sont utilisés par secteur de 30° et un étalement latéral effectif sur un angle de 12°.

8.5 Le modèle orographique

De la même manière que les modèles de changements de rugosité et des effets d'obstacles, le modèle orographique est utilisé pour corriger les mesures de vent de l'influence des inhomogénéités locales du terrain; dans le cas présent, cela signifie des différences d'altitude du terrain autour des stations météorologiques. L'accent est mis sur les effets des ondulations du terrain ayant des échelles horizontales de plusieurs dizaines de kilomètres. Ce modèle a de grandes similitudes avec les modèles de la famille MS3DJH qui sont basés sur l'analyse de l'écoulement au dessus des collines (Jackson et Hunt, 1975). Les lecteurs qui souhaiteraient prendre connaissance de ces modèles devraient consulter les articles de Walmsley et al. (1982), Troen et de Baas (1987). Ce modèle est cependant différent sur un certain nombre d'aspects, les plus importants étant la haute résolution et la représentation en coordonnées polaires.

La première étape du modèle consiste à calculer le potentiel de vitesse de l'écoulement perturbé par la présence de la topographie du terrain et correspondant au vecteur de vent unitaire dans la direction non perturbée du vent. On procède comme suit: la vitesse de l'écoulement est reliée au potentiel de vitesse par:

$$\vec{u} = \nabla \chi \quad (8.27)$$

où χ est le potentiel de vitesse et \vec{u} le vecteur vitesse tridimensionnel de la perturbation $\vec{u} = (u, v, w)$.

Si on suppose que ce potentiel s'annule en un point de rayon R , une solution générale au problème en coordonnées polaires peut s'exprimer sous la forme d'une somme de termes de la forme:

$$\chi_j = K_{nj} J_n \left(c_j^n \frac{r}{R} \right) \exp(in\phi) \exp \left(-c_j^n \frac{z}{R} \right) \quad (8.28)$$

où k_{nj} sont des coefficients arbitraires, J_n est la fonction de Bessel d'ordre n , r le rayon, ϕ l'azimut, z la hauteur et c_j^n sont les $i^{\text{èmes}}$ racines de J_n . Pour un problème spécifique, ces coefficients sont déterminés par les conditions aux limites qui sont ici les conditions aux limites cinématiques de la surface:

$$w_0 = \left. \frac{\partial}{\partial z} \chi \right|_{z=0} = \vec{u}_0 \cdot \nabla h(r, \phi) \quad (8.29)$$

où w_0 est la vitesse verticale induite par le terrain, \vec{u}_0 le vecteur de vitesse de l'état de base et h l'altitude du terrain. Les fonctions $J_n \left(c_j^n \frac{r}{R} \right)$ forment pour chaque n un jeu de fonctions orthogonales radiales (séries Fourier-Bessel) et, de la même façon, la représentation azimutale $\exp(in\phi)$ forme aussi un jeu de fonctions orthogonales (séries de Fourier). Les coefficients K_{nj} peuvent donc être calculés indépendamment en projetant le membre de droite de l'équation 8.29 sur les bases de ces fonctions. Les détails mathématiques de ces transformations sont décrits dans Oberhettinger (1973).

La représentation en coordonnées polaires a de grands avantages sur la représentation en coordonnées cartésiennes habituelle telle qu'elle est utilisée dans les modèles mentionnés ci-dessus, tout en maintenant les avantages de la décomposition spectrale. En faisant coïncider le centre du modèle avec le point auquel on s'intéresse, il est possible d'augmenter en ce point la résolution du modèle et aussi de restreindre les calculs de la perturbation à ce point. Pour le point central $R = 0$, on trouve la solution suivante:

$$\nabla \chi_j = \frac{1}{2} (1, i) K_{1j} \frac{c_j^1}{R} \exp \left(-c_j^1 \frac{z}{R} \right) \quad (8.30)$$

Le résultat final de la première étape du modèle consiste en une série de coefficients K_{1j} , à partir desquels la solution de la perturbation du potentiel de vitesse est donnée comme une somme des termes établis dans l'équation 8.30. A chaque terme est associée une échelle de longueur horizontale $L_j = R/c_j^1$, qui représente l'épaisseur caractéristique traversée par l'écoulement perturbé.

La seconde étape du modèle consiste à modifier la solution du potentiel de vitesse de façon à tenir compte approximativement des effets de frottement en surface.

L'écoulement déduit du potentiel de vitesse implique un équilibre entre la force du gradient de pression et l'advection de quantité de mouvement dans les équations de mouvement et où le transfert turbulent de quantité de mouvement est nul. Au voisinage de la surface du sol, les transferts turbulents ne peuvent pas être négligés. La différence par rapport au comportement de l'écoulement déduit du potentiel est limitée à une couche dont l'épaisseur est de l'ordre ℓ_j avec $\ell_j \ll L_j$. Dans le présent modèle, la valeur de ℓ_j est déterminée d'après Jensen et al. (1984) comme:

$$\ell_j = 0.3 \cdot z_{0j} \left(\frac{L_j}{z_{0j}} \right)^{0.67} \quad (8.31)$$

où z_{0j} est la longueur de rugosité de surface de l'échelle considérée. Pour des conditions homogènes, $z_{0j} = z_0$. Pour des sites non homogènes, la longueur de rugosité de surface est prise comme une moyenne exponentiellement pondérée de $r = 0$ à $r = 5L_j$ dans la direction au vent (pondération $\ln(z_0)$).

Pour des hauteurs beaucoup plus petites que ℓ_j , le transfert turbulent impose un équilibre entre la contrainte de surface et le cisaillement de vent, conduisant à un profil logarithmique de la vitesse de l'écoulement perturbé. Pour des hauteurs comparables à ℓ_j , on obtient un maximum de l'écoulement perturbé, et cette perturbation dépasse la valeur calculée à partir du potentiel de vitesse. Dans le présent modèle, le profil de l'écoulement perturbé est modélisé pour chaque terme du développement ci-dessus en attribuant une perturbation Δu_j au niveau z :

$$\frac{\Delta \vec{u}_j(z)}{|u_0(z)|} = \frac{|u_0(L_j)|^2}{|u_0(z'_j)|^2} \nabla \chi_j \quad (8.32)$$

où $u_0(z)$ est la vitesse de l'état de base au niveau z et z'_j est égale à $\max(z, \ell_j)$.

Le calcul des coefficients K_{1j} à l'aide de la méthode de projection nécessite des intégrations numériques radiales et en azimut. Cela est réalisé sur une grille illustrée par la figure 8.2.

La dimension radiale des mailles de la grille est plus petite au centre et augmente en s'éloignant du centre d'un facteur constant ($= 1.06$). En principe, la donnée d'entrée nécessaire au modèle est l'altitude du terrain en chaque point de grille. Une représentation beaucoup plus pratique de l'altitude du terrain consiste à introduire les isolignes d'égales altitude telles qu'elles sont données sur des cartes topographiques standard. Le modèle a été conçu pour accepter directement les contours du relief choisis arbitrairement et effectue en même temps les calculs des valeurs du relief aux points de grille et les intégrations numériques. La grille est conçue avec 100 points de grille suivant chaque rayon et la résolution qui en résulte au voisinage du centre est approximativement de 2 m (!) pour un modèle avec $R = 10$ km et de 10 m environ avec $R = 50$ km, etc ... En conséquence, la résolution est limitée pratiquement seulement par la précision et la densité des isolignes de relief prise sur des cartes topographiques.

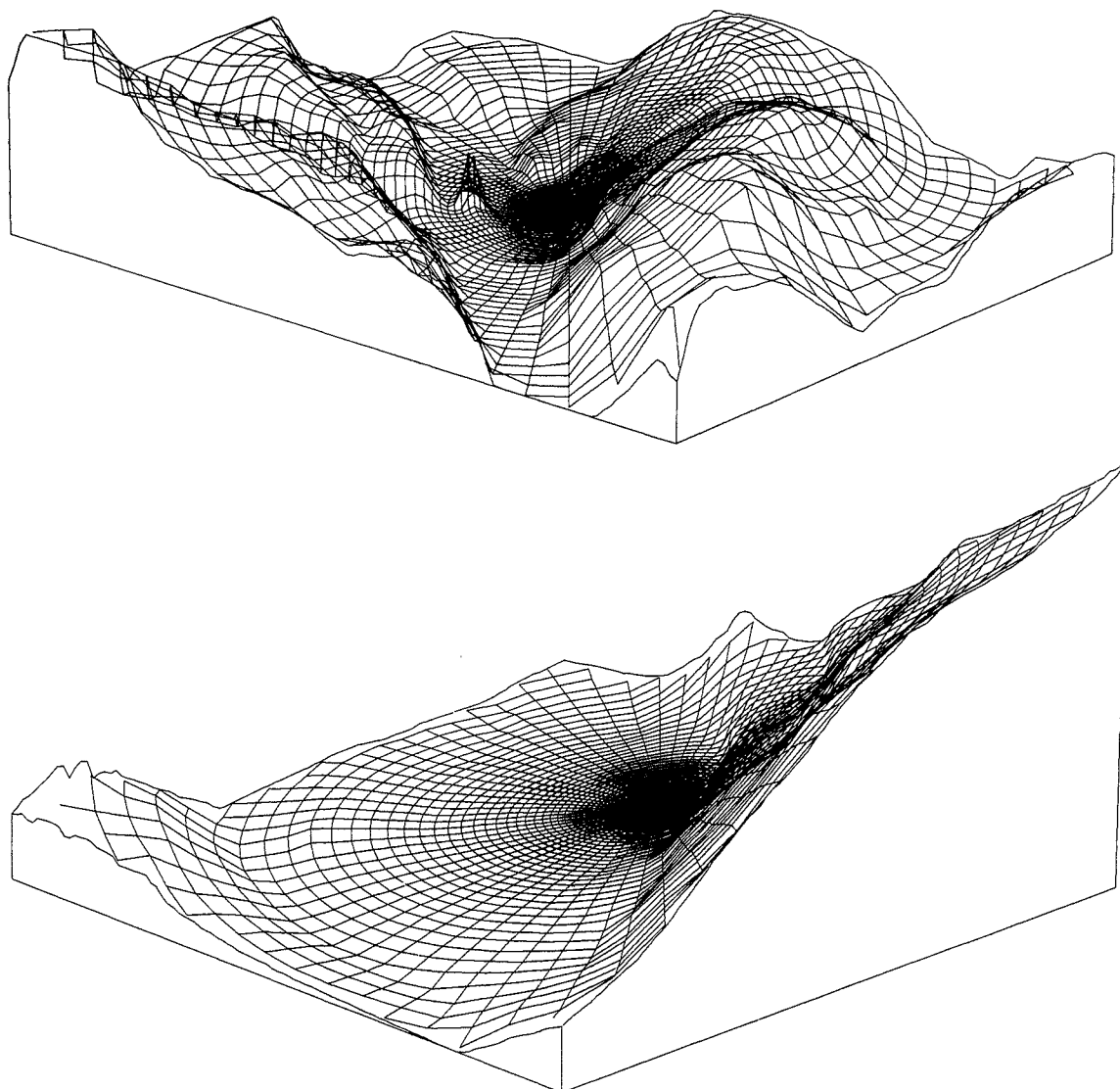


Figure 8.2: La grille avec le "zooming" polaire utilisée par le modèle pour le calcul de l'écoulement sur terrain complexe. Une partie de la Great Glenn Valley en Ecosse est montrée à partir d'un point situé au dessus du Loch Ness. La grille est superposée au terrain et centrée sur la station météorologique de Fort Augustus. La longueur d'un côté de la figure du haut est égale à 12 km et la figure du bas en montre une petite partie avec un côté égal à 2 km. L'échelle verticale est agrandie par un facteur 5.

8.6 Les bases statistiques

Concepts de base

L'observation ou la mesure du vent effectuée en un point quelconque montre que la vitesse et la direction varient rapidement dans le temps, telles qu'illustrées par la figure 8.3. La vitesse de vent mesurée de manière continue sur une période de 100 jours est illustrée par le premier graphe; les graphes suivants illustrent cette mesure pour des périodes de plus en plus petites. Il est facile de voir que la variance relative est beaucoup plus grande pour les plus grandes périodes que pour les périodes inférieures à quelques heures. Cette partition de la variance pour différentes échelles temporelles est encore bien illustrée par le spectre de puissance de la figure 8.4.

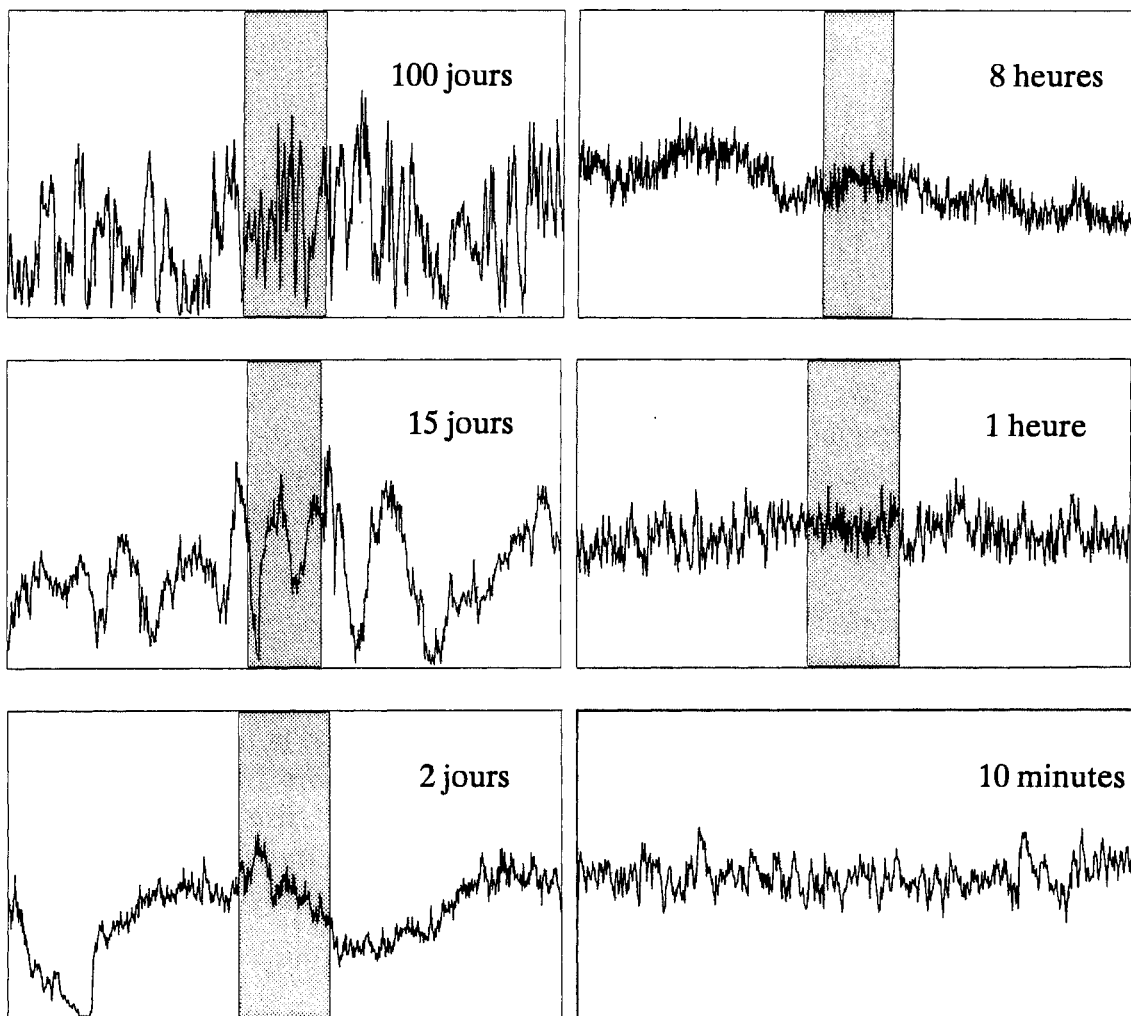


Figure 8.3: Vitesse du vent mesurée à 30 m de hauteur au dessus d'un terrain plat et homogène au Danemark (Courtney, 1988). Chaque graphe montre la vitesse de vent mesurée sur la période de temps indiquée. Le nombre de données dans chaque graphe est égale à 1200, chaque donnée correspond à la vitesse moyennée sur $1/1200$ de la période. L'axe vertical représente la vitesse du vent, $0-20 \text{ m s}^{-1}$.

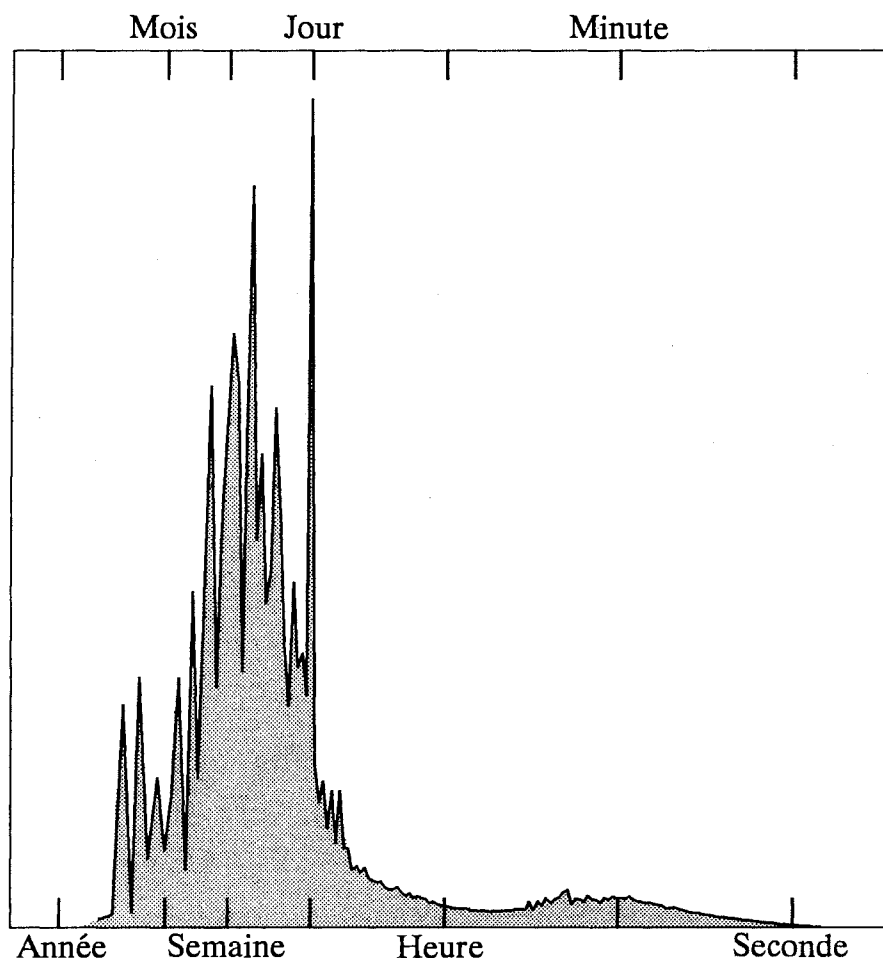


Figure 8.4: Le spectre de puissance des vitesses de vent mesurées de façon continue sur un terrain plat et homogène au Danemark (Courtney, 1988). Les données ont été collectées sur une année avec une fréquence d'échantillonnage de 8 Hz. La représentation du spectre est indiquée en log-linéaire, en surface réelle.

Par contraste, la variation des mécanismes qui sont à l'origine du vent est relativement lente avec le temps – à l'instar des changements météorologiques. En plus du changement rapide en un point donné, la vitesse et la direction varient d'un point à un autre à tout instant. La raison des variations du vent est la turbulence dans la couche limite atmosphérique. Afin de définir de façon significative une mesure de la vitesse du vent, on doit se référer à une période représentative T sur laquelle on effectue la moyenne. De façon idéale, les mesures devraient être faites à l'aide d'un instrument ayant un temps de réponse rapide et la moyenne calculée par:

$$\bar{u} = \frac{1}{T} \int_0^T u(t) dt \quad (8.33)$$

où la valeur moyenne de u est indiquée par une barre (ce type de notation est utilisée uniquement dans ce paragraphe de l'Atlas pour des raisons de commodité).

En pratique, compte tenu des différences instrumentales, des corrections et des

relevés, les périodes sur lesquelles on effectue les moyennes varient de quelques minutes à quelques heures. Les données utilisées pour l'Atlas Eolien correspondent pour la plupart à des valeurs moyennées sur 10 minutes ou 1 heure. Chaque observation de ces jeux de données donne ainsi une valeur de \bar{u} et l'essentiel de cet ouvrage traite des statistiques de ces moyennes, principalement sous la forme de tableaux de fréquences d'occurrence et de distributions de Weibull, tels que discutés dans le paragraphe suivant.

Les données ne contiennent pas d'informations sur les fluctuations du vent pour des périodes plus petites que T . Ces rapides fluctuations turbulentes contribuent cependant à la densité de puissance théorique du vent et doivent par conséquent être prises en compte quand les données sont utilisées pour estimer le potentiel de puissance éolien. La densité de puissance disponible sur un intervalle de temps T est donnée par:

$$\bar{E} = \overline{\frac{1}{2}\rho u^3} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{T} \int_0^T \rho u^3(t) dt \quad (8.34)$$

Dans cette équation la densité de l'air peut être considérée comme étant constante avec une erreur de moins de quelques pour cent. Ainsi l'équation 8.34 devient:

$$\bar{E} = \frac{1}{2} \rho \overline{u^3} \quad (8.35)$$

La vitesse instantanée du vent peut s'écrire comme la somme d'une valeur moyenne et d'une fluctuation:

$$u = \bar{u} + u' \quad (8.36)$$

On en déduit directement:

$$\begin{aligned} \overline{u'} &= 0 \\ \overline{u'^2} &= \overline{u^2} - \bar{u}^2 \\ \overline{u^3} &= \bar{u}^3 + \overline{u'^3} + 3\overline{u'^2\bar{u}} \end{aligned} \quad (8.37)$$

En notant σ_u la moyenne quadratique des fluctuations turbulentes et i l'intensité de la turbulence, on peut écrire:

$$\begin{aligned} \sigma_u^2 &\equiv \overline{u'^2} \\ i &\equiv \frac{\sigma_u}{\bar{u}} \\ \bar{E} &\approx \frac{1}{2} \rho \bar{u}^3 (1 + 3i^2) \end{aligned} \quad (8.38)$$

La distribution fréquentielle de \bar{u} détermine \bar{E} à l'exception du terme correctif $3i^2$. L'intensité de la turbulence dépend des conditions de surface et de la hauteur à laquelle on se trouve. Pour une rugosité de surface homogène et un régime de stabilité neutre, on trouve une relation simple:

$$i = \frac{1}{\ln(z/z_0)} \quad (8.39)$$

Le terme correctif dans l'équation 8.38 aura une valeur typique de quelques pour cent (6% pour $z = 30$ m et $z_0 = 0.03$ m)

Il est cependant important de noter que ce résultat s'applique à la densité de puissance en un point donné, et que l'extraction de cette puissance par un aérogénérateur implique la prise en compte de l'effet des vents sur le disque du rotor tout entier, tel que discuté dans le paragraphe 6.1. La présente étude ne prend pas en considération une évaluation plus détaillée de l'effet des fluctuations turbulentes sur la production de puissance par un aérogénérateur et aucun autre aspect relatif à la conception de l'aérogénérateur ne sera discuté ici.

La distribution de Weibull

La présentation des données de vent utilise la distribution statistique de Weibull (Weibull, 1951) pour représenter sous une forme compacte la distribution fréquentielle de la vitesse du vent. L'expression mathématique de la distribution de Weibull à deux paramètres est:

$$f(u) = \frac{k}{A} \left(\frac{u}{A}\right)^{k-1} \exp\left(-\left(\frac{u}{A}\right)^k\right) \quad (8.40)$$

où $f(u)$ est la fréquence d'occurrence de la vitesse du vent u (comme partout ailleurs dans cet Atlas excepté le paragraphe précédent, l'indication de valeur moyenne \bar{u} n'est pas explicitement indiquée). Les deux paramètres de Weibull ainsi définis se rapportent au paramètre d'échelle A et au paramètre de forme k . L'influence sur la forme de $f(u)$ des différentes valeurs du paramètre de forme est illustrée dans la figure 8.5. Pour $k > 1$ le maximum (valeur modale) se trouve à des valeurs de $u > 0$, tandis que la fonction décroît de façon monotone pour $0 < k \leq 1$.

La distribution de Weibull peut donner lieu à deux distributions spéciales, à savoir la distribution exponentielle pour $k = 1$ et la distribution de Rayleigh pour $k = 2$. Puisque les données de vent observées montrent des distributions fréquentielles qui sont souvent bien représentées par la distribution de Rayleigh, cette distribution à un paramètre est quelquefois utilisée pour représenter les données de vent. Cependant ici on utilise la distribution plus générale de Weibull. Un examen des valeurs de k pour diverses stations utilisées dans l'Atlas montre que, particulièrement pour les climats de l'Europe du Nord, les valeurs sont généralement proches de 2.0.

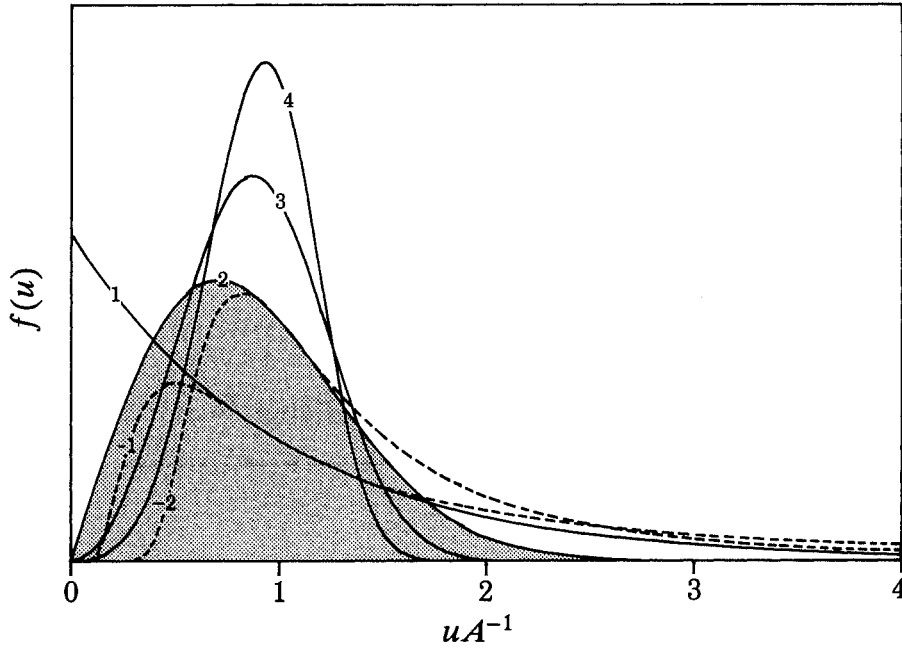


Figure 8.5: Forme de la distribution de Weibull pour différentes valeurs du paramètre de forme k .

La fonction de répartition de Weibull $F(u)$ qui exprime la probabilité pour que la vitesse du vent dépasse la valeur u , est donnée par:

$$F(u) = \exp \left(- \left(\frac{u}{A} \right)^k \right) \quad (8.41)$$

La distribution de Weibull génère également des distributions d'ordre supérieur: en effet si u obéit à une distribution de Weibull de paramètres A et k , alors u^m obéit également à une distribution de Weibull de paramètres A^m et k/m .

Les moments ainsi que les autres caractéristiques importantes des distributions de Weibull sont assez faciles à calculer; une liste des caractéristiques les plus communes est donnée ici comme référence:

$$\begin{aligned} \text{valeur moyenne: } & A \Gamma \left(1 + \frac{1}{k} \right) \\ \text{moyenne du carré: } & A^2 \Gamma \left(1 + \frac{2}{k} \right) \\ \text{moyenne du cube: } & A^3 \Gamma \left(1 + \frac{3}{k} \right) \\ \text{moyenne de la puissance } m: & A^m \Gamma \left(1 + \frac{m}{k} \right) \\ \text{variance: } & A^2 \left[\Gamma \left(1 + \frac{2}{k} \right) - \Gamma^2 \left(1 + \frac{1}{k} \right) \right] \\ \text{valeur modale: } & A \left(\frac{k-1}{k} \right)^{1/k} \\ \text{médiane: } & A (\ln 2)^{1/k} \end{aligned} \quad (8.42)$$

La densité de puissance éolienne disponible est proportionnelle à la moyenne du cube de la vitesse du vent:

$$E = \frac{1}{2} \rho A^3 \Gamma \left(1 + \frac{3}{k} \right) \quad (8.43)$$

où E est la densité de puissance (Wm^{-2}), ρ est la densité de l'air ($\approx 1.2 \text{ kg m}^{-3}$ pour une température de 15°C et une pression standard de 1013 mb).

Les vitesses de vent pour lesquelles la plus grande densité de puissance est disponible sont données par:

$$u_m = A \left(\frac{k+2}{k} \right)^{1/k} \quad (8.44)$$

Ainsi, pour une distribution de Rayleigh, la vitesse du vent qui contient la plus haute énergie est égale à deux fois la vitesse la plus fréquente (valeur modale).

Plusieurs méthodes différentes peuvent être utilisées pour l'ajustement d'un histogramme donnant la fréquence d'occurrence de la vitesse du vent dans un certain nombre de classes à l'aide de la distribution de Weibull à deux paramètres. Si les données observées sont bien représentées par la distribution de Weibull sur toute la gamme de vitesses, on peut choisir la procédure d'ajustement désirée. Cependant et en général, les histogrammes de données observées montrent des écarts dus à un certain nombre de raisons, et la procédure d'ajustement doit être choisie en fonction de la gamme de vitesses auxquelles on s'intéresse. Ici, l'accent est mis sur les grandes valeurs de vitesses et l'ajustement par la méthode des moments ne s'applique pas aux valeurs extrêmes du vent.

Pour chaque secteur de direction, les deux paramètres de Weibull sont déterminés sous les conditions que: 1) l'énergie totale du vent contenue dans la distribution de Weibull soit égale à celle contenue dans la distribution observée, et 2) les fréquences d'occurrence des vitesses plus grandes que la valeur moyenne sont les mêmes pour les deux distributions. La combinaison de ces deux conditions conduit à une équation en k que l'on résout numériquement.

La plupart des difficultés dans l'ajustement des données d'observation se rapportent au traitement des vents les plus forts et les plus faibles. Les vitesses de vent les plus importantes, disons le plus grand percentile des observations, sont statistiquement incertaines et des méthodes spéciales (par exemple Gumbel, 1958) doivent être utilisées pour l'analyse des vents extrêmes. Cette analyse ne fait pas partie de cet Atlas, et les distributions de Weibull présentées ici ne doivent pas être utilisées pour estimer les fréquences d'occurrence bien en dessous de 0.01.

Pour des vitesses de vent faibles, les limitations instrumentales, les relevés réels et les troncatures de données peuvent conduire à des erreurs substantielles dans la

fréquence d'occurrence. Parfois de telles erreurs donnent naissance à une fréquence anormalement grande de vents calmes. Pour les applications éoliennes, la forme précise de la courbe de fréquence des vitesses plus petites que la moyenne n'a pas d'importance et la présente méthode d'ajustement tient compte de cet aspect. Cependant, on doit noter que pour les stations météorologiques qui ont des vitesses moyennes de $\approx 3 \text{ m s}^{-1}$ ou moins, situées dans une région ventée mais localement très abritées, la climatologie régionale issue de ces stations est inexacte. De plus, les modèles physiques utilisés dans l'analyse ne sont pas adaptés au traitement des vitesses de vent faibles.

Pour les données observées, la méthode d'ajustement décrite plus haut est utilisée pour estimer les paramètres de Weibull par secteur. De la même manière, cette méthode est utilisée pour l'ajustement par secteur des distributions déduites du modèle. Les paramètres relatifs aux distributions totales ou indépendantes des directions sont obtenus à partir des distributions sectorielles qui ajustent les sommes des premier et troisième moments.

8.7 Le modèle d'analyse de l'Atlas Eolien

Le modèle est composé de plusieurs parties décrites dans les paragraphes précédents. A l'aide des mesures de vent, des descriptions de la rugosité, des obstacles et des données topographiques, une climatologie régionale du vent est établie sous la forme de paramètres de Weibull pour des conditions standard. Pour chacune des stations météorologiques utilisées dans l'Atlas, les entrées du modèle sont résumées sur les pages de gauche et les sorties sont présentées sur les pages de droite du chapitre 7 relatif aux statistiques des stations. Une représentation schématique du modèle d'analyse est illustrée dans la figure 8.6.

La procédure de calcul se résume comme suit: les données d'entrée sont présentées sous la forme d'histogrammes pour chacun des 12 secteurs de direction, donnant les fréquences d'occurrence des vitesses de vent suivant des classes de 1 m s^{-1} d'intervalle. On calcule en premier les facteurs de correction indépendants de la vitesse du vent pour chaque secteur. Trois types de facteurs sont considérés:

- Les facteurs de correction d'obstacle, calculés avec le modèle qui tient compte des effets d'obstacle, dénotés ici C_{obs}^j pour le j ème secteur.
- Les facteurs de correction de changement de rugosité C_{rug}^j . Le modèle de changement de rugosité relie la vitesse du vent en station à la vitesse du vent en amont de la discontinuité de rugosité. De plus, la pondération de surface due à la rugosité donne une rugosité de surface effective au vent égale à z_{0e}^j .
- Les facteurs de correction orographiques, calculés en appliquant le modèle orographique. Le modèle est appliqué en utilisant comme entrée un profil de vent dont la direction est celle de l'axe de chaque secteur. Comme décrit dans le paragraphe 8.5, les rugosités réelles sont prises en compte comme paramètres dans le modèle orographique. On obtient les facteurs C_{oro}^j et D_{oro}^j , où D_{oro}^j est l'angle de rotation en degrés du vecteur vent calculé par le modèle orographique.

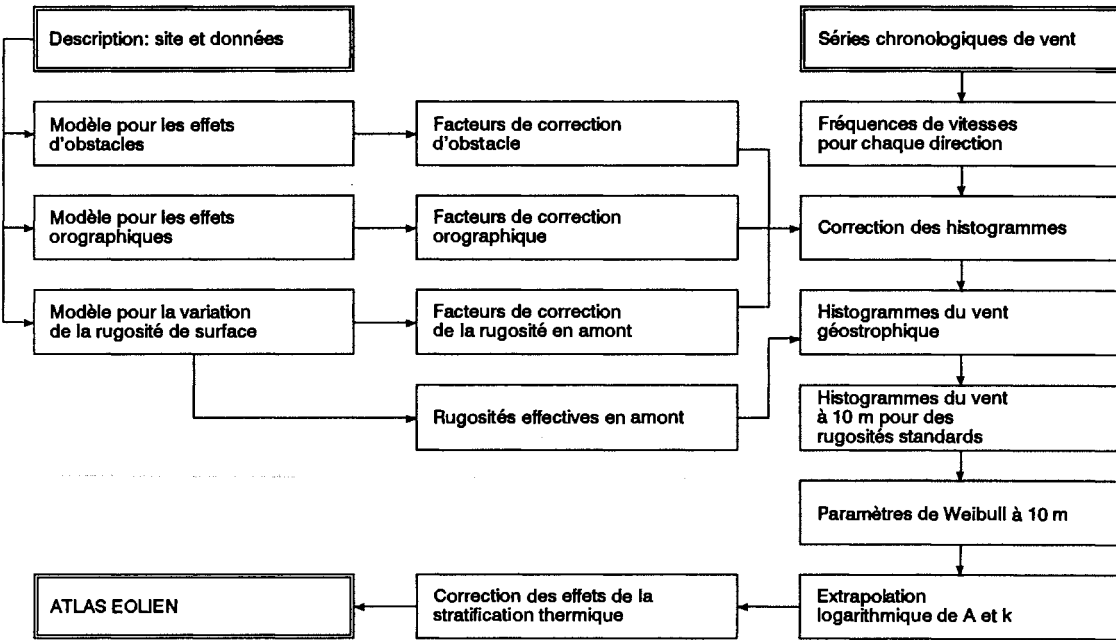


Figure 8.6: Une représentation schématique du modèle d'analyse de l'Atlas Eolien.

Deuxièmement, chaque combinaison de classe de vitesse et de secteur de direction est transformée en utilisant ces facteurs. En considérant le j ème secteur et la classe de vitesse comprise entre $u^{(k)}$ et $u^{(k+1)}$, l'application du facteur de correction d'obstacle C_{obs}^j donne les valeurs correspondant à un terrain d'où les obstacles auraient été retirés. De façon similaire, les corrections orographiques et de rugosité sont appliquées pour transformer les limites de classe en valeurs applicables aux conditions de surface en amont. Pour la rotation des limites de direction, les angles de rotation dus à l'orographie sont appliqués en utilisant les moyennes des deux valeurs les plus proches de la limite considérée.

La rugosité de surface effective z_0^j est utilisée avec chacune des nouvelles limites de classe dans la loi de frottement géostrophique, équation 8.5, pour calculer les limites correspondantes $G^{k,j}$ et $G^{k+1,j}$ et les directions associées $D_{low}^{k,j}$ et $D_{high}^{k,j}$. Dans cette opération de transformation, la fréquence d'occurrence dans la classe est conservée. Le vent géostrophique pourrait être utilisé pour représenter la climatologie régionale, mais on poursuit la transformation pour obtenir les distributions du vent pour les valeurs standard de rugosité. En utilisant à nouveau la loi de frottement géostrophique, les valeurs de u_* pour la rugosité standard sont obtenues à partir des $G^{k,j}$, $G^{k+1,j}$ et des directions du vent à partir des valeurs D citées ci-dessus. A partir du profil logarithmique (équation 8.1), on obtient les valeurs correspondantes des vitesses de vent au niveau standard le plus bas (10 m). A ce stade, on calcule les contributions de chaque intervalle standard d'azimut (30°) et de vitesse (1 ms^{-1}). Cette procédure est répétée pour chaque classe azimuth/vitesse dans les données d'entrée, et le résultat consiste en quatre jeux d'histogrammes de la même forme que les histogrammes d'entrée, mais se rapportant au niveau standard le plus bas et pour chacune des quatre classes de rugosité. Pour chaque secteur, la fréquence d'occurrence correspondante est déduite et les paramètres de Weibull sont déterminés par la procédure d'ajustement décrite dans le paragraphe 8.6. Les

paramètres de Weibull correspondant aux niveaux standard z_n , les plus hauts sont alors calculés comme décrit dans le paragraphe 8.1, en utilisant les modifications du profil logarithmique tenant compte des effets de la variation du flux de chaleur de surface. La moyenne arithmétique et la moyenne quadratique du flux de chaleur sont spécifiées indépendamment des conditions de surfaces marines et continentales. Les valeurs suivantes sont adoptées pour toutes les stations considérées:

Flux de chaleur moyen au dessus du continent	=	-40 Wm^{-2}
Flux de chaleur moyen au dessus de la mer	=	15 Wm^{-2}
Moyenne quadratique du flux de chaleur sur continent	=	100 Wm^{-2}
Moyenne quadratique du flux de chaleur sur mer	=	30 Wm^{-2}

Les équations 8.17–8.18 donnent des facteurs de “contamination” par les effets de stabilité sur les valeurs moyennes et les écarts-types. Ces expressions sont utilisées pour évaluer la contamination des données d’entrée en utilisant la hauteur de l’anémomètre, la distance à la côte, la description de la rugosité de surface en amont pour chaque secteur. De façon similaire, la contamination est calculée pour différentes hauteurs standard, et les rapports de ces valeurs à celles données en entrée sont utilisés pour corriger les paramètres de Weibull calculés à partir du profil logarithmique. Les moyennes et les écarts types correspondants sont calculés en utilisant les expressions 8.42, les corrections sont appliquées, et le calcul inverse est effectué pour déterminer les paramètres de Weibull correspondant aux valeurs corrigées des moyennes et des variances. Dans ce calcul, la classe de rugosité 0 se rapporte aux conditions au-dessus d’une étendue d’eau et les trois autres classes sont corrigées pour des conditions continentales loin de l’influence côtière.

8.8 Le modèle d’application de l’Atlas Eolien

Pour la réalisation de l’Atlas Eolien, le modèle d’analyse décrit dans la paragraphe précédent est complet. Cependant, l’élaboration d’un modèle permettant d’effectuer le calcul inverse des distributions de vitesse de vent en un site spécifique à partir de la climatologie régionale a la même importance. Le modèle est illustré schématiquement par la figure 8.7. Il peut être utilisé pour vérifier les statistiques régionales calculées et peut être aussi considéré par l’utilisateur de l’Atlas Eolien pour le choix d’un site.

Le modèle inclu dans WASP est conçu de telle manière à être aussi proche que possible de l’inverse du modèle d’analyse. Les facteurs de correction pour l’effet d’obstacle, l’orographie et les changements de rugosité sont calculés exactement comme dans le modèle d’analyse, en prenant bien soin d’inclure la liste des obstacles, la description de la rugosité et les données topographiques relatives au site auquel on veut appliquer les données de l’Atlas Eolien.

Pour la hauteur considérée, on identifie le tableau de l’Atlas Eolien, les paramètres appropriés de Weibull A_j et k_j pour chaque secteur et la fréquence sectorielle f_j .

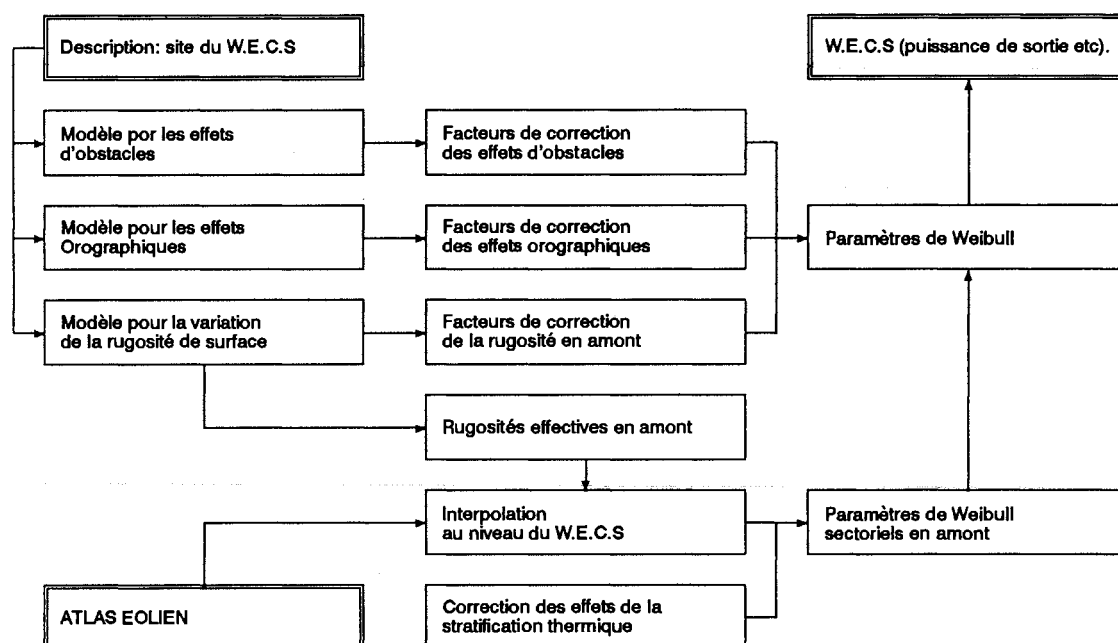


Figure 8.7: Une représentation schématique du modèle d'application de l'Atlas Eolien

Pour des hauteurs et rugosité non standard, on utilise une interpolation logarithmique. Les valeurs de la rugosité utilisées pour chaque secteur sont les valeurs z_{0e} calculées par le modèle de changement de rugosité (paragraphe 8.3).

Les facteurs de correction sont appliqués au paramètre A de chaque secteur tout en conservant les valeurs du paramètre k du tableau. Finalement la correction de stabilité est effectuée comme décrite précédemment.

Pour une hauteur donnée au dessus d'un terrain et à partir de la détermination de la rugosité du terrain, des obstacles et des détails topographiques, le modèle calcule ainsi les paramètres de Weibull par secteur et les fréquences sectorielles pour une climatologie régionale donnée. On vérifie sa consistance interne en calculant la climatologie de la station à partir de la climatologie régionale déduite de la même station par le modèle d'analyse. Plus intéressant encore, il y a la possibilité d'effectuer des intercomparaisons en utilisant la climatologie régionale d'une station pour calculer la climatologie locale d'une station voisine. Cet exercice d'intercomparaison est décrit dans le chapitre 9.

8.9 Données météorologiques et description des stations

Le réseau de stations météorologiques utilisé par les services d'observation du temps et d'alerte est généralement appelé le réseau synoptique. Les postes d'observation doivent nécessairement être installés dans des zones où le personnel est présent toute la journée pour d'autres raisons que la surveillance du temps; par exemple les phares. Dans les aéroports, les mesures météorologiques sont faites pour des be-

soins aéronautiques et elles sont naturellement incluses dans le réseau synoptique. La plupart des stations utilisées dans l'Atlas font ou ont fait partie du réseau synoptique.

Les longues séries chronologiques des données de vent sont obtenues à partir des stations synoptiques, des stations climatologiques et à partir d'autres sources. Pour chacun des pays, chaque membre a sélectionné les stations à partir desquelles les données ont été acquises. Dans la procédure de sélection, un certain nombre de critères (annexe C) avaient été fixés qui peuvent être résumés comme suit:

- Couverture suffisante pour chaque pays: chaque région climatique doit être si possible représentée. Pour les régions éloignées des montagnes, cela signifiait que les données provenaient de stations séparées de moins de deux cent kilomètres approximativement. Pour les régions montagneuses, cette condition est difficile à satisfaire, mais on admet pour de telles régions que l'analyse ne donnera que des résultats seulement locaux.
- Période de temps suffisante: les normales climatiques se rapportent généralement à une période de 30 ans, mais dans cette étude il était nécessaire de limiter la période à 10 années. La raison principale en est l'importance accordée à la fiabilité de la description des conditions anémométriques et à la précision instrumentale.
- L'anémomètre est bien exposé, loin des constructions et des autres obstacles. Cette condition était probablement la plus difficile à satisfaire.
- Description précise des conditions anémométriques et des données tri-horaires moyennées sur 10 minutes ou une heure, pour une période de 24 heures.

Ces conditions dans beaucoup de cas étaient contradictoires et la sélection des stations a été effectuée par le représentant de chaque pays sur la base de son meilleur jugement sur ce qui était satisfaisant pour l'objet de l'Atlas en prenant tous les points en considération.

Les données ont été extraites des archives des services météorologiques et aéronautiques des pays membres. Les participants ont fourni les données sur des bandes magnétiques avec des questionnaires complétés comme décrit dans l'annexe C.

On a supposé que les données avaient déjà fait l'objet des contrôles de qualité par l'organisme fournisseur. Le contrôle le plus important après la réception des données consistait en un examen du tableau des fréquences, c.a.d le tableau des statistiques des données brutes présenté pour chaque station dans le chapitre 7. En examinant ces tableaux, il était possible de détecter des insuffisances telles que:

- vitesses de vent anormalement importantes
- nombre anormal d'observations dans certaines classes de vitesse et/ou de secteurs de direction de vent.

- certaines tendances dans le tableau causées par la transformation en mètre par seconde des données enregistrées à l'origine en Beaufort, en noeud, en miles par heure ... etc. La transformation des données mesurées d'une rose de 16 à une rose de 12 secteurs peut aussi donner lieu à une certaine tendance dans le tableau.

Le remède à ces anomalies était bien simple. Les vitesses de vent anormalement importantes ont été supprimées manuellement: quelques points seulement ont été exclus par cette procédure. Les occurrences anormales des vitesses et des directions du vent ont été contrôlées par rapport à la climatologie existante. Les tendances causées par les transformations ont été éliminées par la procédure suivante: si la discrétisation de la vitesse du vent u et de la direction D est donnée par Δu et ΔD , on attribue ainsi une nouvelle valeur à chaque observation:

$$u_{\text{nouveau}} = u_{\text{ancien}} + a\Delta u \quad (8.45)$$

$$D_{\text{nouveau}} = D_{\text{ancien}} + b\Delta D$$

où a et b sont uniformément et aléatoirement distribués dans l'intervalle $[-0.5, +0.5]$.

Un autre problème de données qui s'est posé se rapporte au manque d'observations nocturnes pour quelques stations. La plupart des stations utilisées dans cette étude font des observations toutes les trois heures conformément aux critères des sites d'observation du vent mentionnés plus haut. Mais dans certaines régions il était inévitable d'inclure des stations ayant des observations manquantes sur une ou plusieurs nuits: l'éventualité de ne pas disposer de données sur de vastes régions était inacceptable.

Avant d'analyser de telles stations, il était nécessaire de combler les données manquantes. La raison en est que le minimum du cycle moyen diurne de la vitesse du vent se produit durant la nuit. Donc l'utilisation simple des tableaux fréquentiels déduits de ces données aurait eu pour conséquence des valeurs biaisées vers les plus grandes moyennes de vitesse de vent.

La procédure choisie consiste à remplacer les données manquantes en interpolant linéairement sur un intervalle de temps limité par la dernière observation de la nuit précédente et la première observation du matin. Cette procédure a été appliquée aux tableaux fréquentiels déduits pour chacune des huit observations. Les tableaux fréquentiels pour les périodes d'observations manquantes ont été remplacés par des tableaux linéairement interpolés entre des périodes disponibles.

Les stations n'ayant pas d'observations nocturnes peuvent être identifiées à partir de l'empreinte climatologique du vent et des tableaux de moyennes dans les descriptions des stations, où les moyennes sont manquantes pour certaines heures.

Les informations sur la topographie de l'environnement des stations fournies avec les données ont été converties en chiffres qui pourraient être utilisés comme entrée pour les modèles de changement de rugosité, d'effets d'obstacles et orographique.

La classification de la rugosité a été effectuée principalement selon la méthode donnée dans le paragraphe 5.2 et en employant le modèle décrit dans le paragraphe 8.3. La rugosité a été déterminée à partir de cartes topographiques à l'échelles de 1:25 000 ou 1:50 000, de photographies prises sur le site d'observation et des photographies aériennes de certaines stations. Les cartes et les photographies de certaines stations ne pouvaient pas être fournies pour des raisons militaires; dans de telles situations le pays membre concerné a fourni l'information la plus complète possible.

Pour chaque station, l'horizon a été divisé en douze secteurs de 30° et l'attribution des longueurs de rugosité de surface a été effectuée secteur par secteur. La classification a été effectuée jusqu'à 5 km au moins de la station. Si une étendue d'eau ou d'autres changements significatifs existaient sur le terrain, la classification était prolongée jusqu'à 10 km ou plus. Les résultats de l'attribution de la rugosité sont présentés pour chaque station dans les statistiques des stations.

Les renseignements sur les obstacles situés au voisinage de l'anémomètre qui pouvaient affecter les mesures ont été soit délivrés par les participants sur les "formulaires de description d'obstacles" pour chaque station, soit extrait des cartes, photographies et autres sources.

En revenant au problème de l'utilisation des mesures effectuées au voisinage ou au sommet des constructions, il est évident que plus l'anémomètre est influencé par la construction voisine, plus il est difficile d'extraire de ces données une information représentative à l'échelle régionale. Depuis le début de l'étude, un effort a été fait pour éviter ce problème en prenant seulement les stations qui ont des mâts anémométriques installés selon les normes. Cependant afin d'assurer un maximum de couverture en données, il était nécessaire d'inclure les autres stations. Ces problèmes ont été signalés dans la description des stations au chapitre 7.

Le modèle décrit dans le paragraphe 8.6 a été appliqué aux données d'un certain nombre de stations susceptibles d'être influencées par l'orographie. Les données d'entrée du modèle ont été obtenues en effectuant la digitalisation des contours du relief à partir des cartes topographiques.

Les cartes topographiques à l'échelle 1:25 000 ou 1:100 000 ont été utilisées comme document de base. Au voisinage des stations météorologiques, les contours topographiques ont été digitalisés de manière aussi fine que possible en utilisant un système standard de digitalisation. Dans certains cas, des agrandissements ont été effectués pour faciliter le tracé.

Statistiques des radiosondages

En plus des statistiques des données de vent observées au sol, l'Atlas Eolien donne aussi les statistiques de 29 stations de radiosondage. Les systèmes de radiosondage utilisés diffèrent d'un pays à un autre. A titre d'exemple, on donne ci-dessous la description du système de radiosondage Britannique extraite du "Meteorological Office: Upper-Air Summaries, 1961-70":

Le radar est utilisé pour la poursuite d'un réflecteur passif attaché au ballon de sondage dont la position est déterminée par des coordonnées sphériques (distance, azimuth et élévation). Les lectures sont faites à des intervalles de temps fixes d'une minute en utilisant la même échelle de temps pour le radar et pour la radiosonde. Le vent à un niveau standard donné est mesuré par le déplacement horizontal du ballon pendant un intervalle de temps de 2 minutes centré sur le niveau considéré; le vent ainsi observé est en général une moyenne sur une couche de 730 mètres environ d'épaisseur. Les lâchers de radiosondes s'effectuent à 00 et 12 GMT.

Les données présentées dans la table 7.3 se rapportent au niveau 850 mb (excepté pour la station de Heraklion, Grèce), ce qui correspond à une station à une altitude de 1500 mètres approximativement au-dessus du niveau de la mer. Ainsi, les données peuvent être considérées comme étant représentatives du vent géostrophique. Ce qui explique l'utilisation des données de radiosondage, le vent géostrophique étant un paramètre important dans la méthodologie de l'Atlas Eolien dont l'un des buts est justement de calculer le vent géostrophique à partir des données de surface. L'utilisation statistique du vent géostrophique, obtenu soit à partir des radiosondes soit par l'analyse des champs de pression en surface pour calculer la climatologie régionale du vent, est décrite par Jensen et al. (1984) et Petersen et al. (1981). Les climatologies régionales déterminées à partir des données de radiosondage et présentées au chapitre 7 sont calculées par le modèle d'analyse de l'Atlas Eolien décrit dans le paragraphe 8.7 (l'entrée du modèle est donné dans le diagramme de la figure 8.6 par la case intitulée histogrammes du vent géostrophique).

Pour un certain nombre de raisons, les statistiques des radiosondages n'ont pas été considérées comme une source de données primaire dans la présente étude. L'une des raisons est la faible densité des stations d'altitude comparativement aux stations de surface. Une autre raison est la difficulté d'obtenir les données sous une forme homogène et de même qualité. L'application des données de radiosondage n'a donc pas été entièrement explorée. Cependant, une comparaison préliminaire entre les valeurs prévues à partir des radiosondages et à partir des données de surface montre que la correspondance est bonne lorsque, dans les données de radiosondage, la vitesse moyenne est plus grande que 10 m s^{-1} approximativement. Pour des valeurs moyennes plus petites, les données de radiosondage ont tendance à prévoir des vents en surface plus grands que ceux qui sont observés.

Les statistiques des radiosondages sont complétées par des statistiques du vent géostrophique calculées pour un site au Danemark à l'aide des mesures de pression en surface (Petersen et al., 1981).

8.10 Limitations des données et des modèles

Il n'est pas possible de donner des limites d'erreur strictes pour les données présentées dans l'Atlas, et la fiabilité de cet Atlas est mieux appréciée par des intercomparaisons de données telles que celles qui sont présentées au chapitre 9. Pour présenter ces intercomparaisons, une brève discussion des incertitudes dans les données et les méthodes d'analyse est indiquée ci-dessous.

Des incertitudes sont nécessairement associées aux mesures. On choisit l'instrumentation et on effectue le traitement des données en ayant à l'esprit un certain degré de précision du produit final. Un anémomètre de bonne qualité et correctement étalonné peut mesurer la vitesse du vent avec une précision de $\pm 2\%$ pour des valeurs supérieures à 3 m s^{-1} . Cependant, cette précision ne peut être assurée pour les données synoptiques et climatologiques qui constituent les données de base de l'Atlas. En excluant les erreurs systématiques ayant diverses origines tel qu'un mauvais étalonnage, on considère que la vitesse du vent est entachée d'une incertitude $\approx 5\%$. Quelques jeux de données peuvent contenir des erreurs non décelées qui peuvent biaiser les résultats finaux. Ce qui signifie que l'estimation des ressources éoliennes à l'endroit exact où le vent est mesuré peut avoir une erreur de $\approx 15\%$ sur la puissance moyenne.

La transformation des données décrite dans les paragraphes précédents est une procédure de calcul des statistiques du vent loin des point de mesure. On peut considérer également une méthode de correction des données de l'influence des caractéristiques locales du terrain. Dans tous les cas, il s'agit d'une extrapolation horizontale et verticale pour un site proche ou pour un site idéalisé. Aussi l'application pratique de l'Atlas implique une extrapolation dans le temps à partir des périodes antérieures de mesure.

En plus des erreurs et des incertitudes des données de mesure, la transformation nécessite la disponibilité de modèles, la spécification des paramètres climatologiques et d'autres paramètres tels que la rugosité de surface de chaque station, avec pour conséquence une accumulation d'incertitudes.

Les différentes parties du modèle décrites plus haut sont chacune basée sur des hypothèses simplificatrices rendues nécessaires pour faciliter l'analyse. La loi de frottement géostrophique (équation 8.5) qui peut être considérée comme le pivot central autour duquel les modèles sont construits, n'est strictement applicable que sous certaines conditions idéales. L'application de cette loi pour calculer la vitesse du vent géostrophique à partir d'une seule observation de surface induit une incertitude de $\pm 15\%$ ou plus. Cette incertitude est causée principalement par la baroclinicité et la non stationnarité (Clarke et Hess, 1974). Dans le cas qui nous concerne et qui consiste à exprimer les distributions fréquentielles de vent pour différentes conditions de rugosité, les écarts sont beaucoup plus petits en pratique. Ceci est illustré par les intercomparaisons des stations dans le chapitre 9, en particulier pour les stations qui ne sont pas situées sur des terrains montagneux.

En ce qui concerne le modèle qui tient compte des effets d'obstacles décrits dans le paragraphe 8.4, les incertitudes principales peuvent être estimées à partir des données de Perera (1981). Une incertitude supplémentaire est introduite dans le modèle par la considération des obstacles à trois dimensions. Dans les calculs, les effets typiques d'obstacles s'élèvent à quelques pour cent seulement. Ainsi même des erreurs relatives plutôt grandes n'ont qu'une influence assez limitée sur les statistiques calculées. Si les facteurs de réduction sont grands, l'incertitude liée aux statistiques sera grande.

Le modèle pour le changement de rugosité et l'attribution des rugosités de surface introduisent des incertitudes qui sont d'autant plus grandes que les rugosités sont importantes. L'estimation de la rugosité de surface à partir des caractéristiques topographiques n'est précise que dans un facteur de 1.5 (approximativement). Ceci se traduit par des erreurs prévues de $\approx 5\%$ pour les vitesses moyennes du vent dans des stations situées sur un terrain dégagé ($z_0^{moyen} < 10$ cm) et jusqu'à $\approx 15\%$ pour un terrain très rugueux ($z_0^{moyen} > 40$ cm).

Pour des sites très influencés par des obstacles, une autre difficulté s'ajoute dans le cas où les observations sont souvent biaisées vers les faibles valeurs moyennes, par suite du seuil relativement élevé de la plupart des instruments de mesure de vent.

Les erreurs les plus grandes dans l'Atlas se rapportent au calcul de l'écoulement en terrain complexe. Expérimentalement, le modèle orographique se comporte bien pour la prévision des écoulements perturbés au-dessus des collines et des crêtes pas trop élevées. L'erreur typique induite par le modèle est de l'ordre de 10% dans les estimations de l'augmentation relative de la vitesse du vent au sommet d'une colline dont les dimensions horizontales sont inférieures à 1-2 km et dont les pentes sont inférieures à 30%. Pour des collines et des crêtes plus accentuées, le modèle sous-estimera le degré de réduction de la vitesse sous le vent de la colline, comme le font d'autres modèles similaires (voir par exemple Salmon et al., 1987). Cet effet est très prononcé pour des collines abruptes qui divisent l'écoulement.

Les caractéristiques orographiques de grande échelle rendent le modèle de plus en plus inefficace à cause de l'importance de la dynamique, inexistante dans le modèle. Il est difficile d'estimer l'ordre de grandeur de ces erreurs typiques, mais elles sont relativement atténuées dans cette application car on suppose que, pour l'estimation du vent au voisinage d'un point de mesure, les résultats seront peu influencés par les détails de l'écoulement de grande échelle.

Les données de base utilisées dans l'Atlas se rapportent à de faibles hauteurs, généralement égales à 10 m. Pour des hauteurs supérieures à 50 m, la climatologie du flux de chaleur de surface devient un paramètre de plus en plus important pour l'extrapolation verticale des distributions du vent. Pour cette raison, on doit s'attendre à une diminution générale de la fiabilité de l'Atlas pour la prédiction des vents à des hauteurs plus grandes. Les comparaisons avec les données de mâts très élevés dans le chapitre 9 sont dans une certaine mesure contradictoires à cette remarque, mais ce test du modèle de stabilité ne peut pas être considéré comme concluant à cause du nombre limité de jeux de données disponibles.

Chapitre 9

Vérification de la méthodologie de l'Atlas Eolien

Pour vérifier si l'utilisation des statistiques régionales (calculées à l'aide des données d'une station quelconque) permet de déterminer des distributions de la vitesse du vent avec une précision suffisante pour les estimations de l'énergie éolienne dans une région voisine de cette station, le jugement doit être basé sur des comparaisons entre les valeurs calculées et mesurées. Une vérification partielle est entreprise à travers les intercomparaisons suivantes entre des stations ayant principalement les mêmes conditions climatologiques de vent, telles qu'elles sont données dans le chapitre 2, et distantes de 200 km ou moins.

9.1 Intercomparaisons des stations

A titre d'exemple, les statistiques régionales de la station irlandaise de Belmullet sur la côte Atlantique sont utilisées pour calculer la vitesse moyenne du vent à la station de Valentia située également sur la côte Atlantique. La procédure a été décrite dans la figure 1.1. Les statistiques régionales (prédicteur) de la station de Belmullet et les informations nécessaires sur la rose de rugosité, les effets d'obstacle ainsi que la digitalisation du relief sous forme de contours topographiques de la station de Valentia (la station prévue) sont utilisées comme entrée du modèle de calcul (la partie application de WASP).

Les résultats des calculs sont indiqués dans ce paragraphe sous forme de *Tableaux de scores* où les noms des stations prévues sont listés en entier tandis que les stations utilisées pour effectuer les calculs sont données en abrégé (trois lettres). La diagonale contient des nombres graissés qui représentent les calculs effectués avec les données des mêmes stations; à l'exception des erreurs d'arrondis, ces résultats en valeurs moyennes sont égaux aux valeurs mesurées. Pour cela les nombres graissés sont utilisés pour effectuer les comparaisons. Par exemple, comme le montre la Table 9.2, la station de Shannon est traitée à l'aide des stations de Claremorris, Roches Point et Cork qui donnent respectivement pour valeurs moyennes 4.9, 4.9 et 5.2 m s⁻¹ lesquelles doivent être comparées à la valeur moyenne mesurée de 5.0 m s⁻¹. Le

tableau des scores des stations irlandaises donne une intercomparaison très convaincante pour les trois groupes de stations: les stations de la côte Atlantique, les stations de la côte Sud et les stations continentales. Cependant il est clair qu'à travers d'autres tableaux de scores, il n'est pas toujours possible de faire ce genre de distinctions.

Les incertitudes inhérentes à la méthodologie de l'Atlas Eolien ont été discutées dans le chapitre précédent, à savoir les erreurs de mesure et l'incapacité des modèles physiques à modéliser les conditions d'écoulement réelles. L'effet collectif de ces diverses incertitudes diminue la fiabilité des statistiques régionales et par conséquent leur utilisation pour le calcul des statistiques de vent sur des sites régionaux. Mises à part ces incertitudes, il y a le problème fondamental de la détermination de l'écoulement sur un terrain vallonné, formé de colline ou montagneux. Il est évident que dans une station située dans une profonde vallée, on peut rencontrer un vent sujet à des effets de canalisation considérables; un exemple est donné par la station de Fort Augustus, du Royaume Uni. Les stations qui ont été influencées par de tels effets orographiques importants peuvent être utilisées seulement comme prédicteurs pour des sites situés dans les alentours et ayant les mêmes conditions topographiques.

En général dans la sélection des stations pour la réalisation des tableaux de scores, il a été difficile de trouver des stations appartenant au même terrain complexe et susceptibles d'être soumises à la même influence orographique. En dépit des problèmes posés par l'utilisation des stations situées sur un terrain montagneux ou vallonné, plusieurs de ces stations ont été incluses dans les tableaux de scores pour mettre en évidence les incertitudes qui en résultent. Chaque tableau de score est accompagné d'un court commentaire: pour une recherche supplémentaire sur les désaccords dans les prévisions, le lecteur peut se référer aux descriptions des stations du chapitre 7.

On peut distinguer deux types d'écarts systématiques qui peuvent être attribués aux erreurs de mesures et/ou aux erreurs qui proviennent de la préparation des données d'entrée pour les modèles à partir des informations de base des stations (photographies, cartes, descriptions écrites ... etc). Le premier type est caractéristique d'une station pour laquelle les valeurs calculées sont très inférieures aux valeurs réelles, entraînant des valeurs très supérieures pour les autres stations. Ceci peut se produire lorsque:

- la lecture de la mesure instrumentale de la vitesse du vent est trop grande (probablement due à un problème d'étalonnage).
- les rugosités données par la rose de rugosité sont trop importantes.
- les effets des obstacles voisins ont été exagérés.
- le calcul de l'influence de l'orographie sous-estime la survitesse.

Le second type est caractéristique d'une station pour laquelle les valeurs calculées sont supérieures aux valeurs réelles, entraînant des valeurs prévues inférieures pour les autres stations. Ceci peut être causé pour les mêmes raisons que ci-dessus mais dans un sens opposé.

Les comparaisons permettent d'avoir une première indication de la représentativité régionale des statistiques d'une station ou d'un groupe de stations. Les intercomparaisons doivent être considérées avec une certaine précaution: plusieurs stations ont presque la même valeur moyenne comprise entre 4 et 5 m s^{-1} et certaines prévisions peuvent ressembler à une dispersion aléatoire dans cet intervalle. Cependant, on peut accorder confiance aux calculs lorsque des grandes différences entre stations sont bien prévues: par exemple, les stations hollandaises de Eelde et le phare de Texel donnent des prévisions mutuelles presque exactes, avec respectivement des valeurs moyennes de 4.5 et 7.6 m s^{-1} . A la limite, les deux stations du Royaume Uni de Snaefell, située au sommet de l'Ile de Man (621 m), et Blackpool, sur la côte de la Mer d'Irlande, avec des valeurs moyennes de 13.8 et 5.7 m s^{-1} , donnent des prévisions mutuelles respectives de 12.0 et 7.1 m s^{-1} . Ceci est satisfaisant quand on considère qu'à Snaefell les calculs comprennent une augmentation des vitesses de vent due à l'orographie qui atteint 144%.

Des intercomparaisons plus complètes pour un groupe de stations nécessitent des prévisions à diverses hauteurs et une recherche plus approfondie de la rose des vent prévue, sans oublier les paramètres de Weibull et la fréquence d'occurrence en fonction de la direction du vent. Une présentation même simplifiée de ces prévisions augmenterait sensiblement le volume de cet Atlas. Mais cependant quelques comparaisons entre valeurs mesurées et prévues pour différentes hauteurs de mâts sont données dans le paragraphe 9.2. Il est possible pour le lecteur d'effectuer des intercomparaisons entre des stations qui ne sont pas influencées par l'orographie à l'aide des méthodes décrites dans le chapitre 5. Des intercomparaisons plus complètes comprenant des stations situées en terrain montagneux peuvent être effectuées en utilisant le logiciel WAP: un exemple est présenté dans la Table 9.1.

Tableau 9.1: Calcul des caractéristiques du vent dans une station située en terrain complexe en utilisant les statistiques de radiosondage. Les statistiques régionales de l'Atlas Eolien de la station de radiosondage de Stornoway, Royaume Uni, sont utilisées pour prévoir les paramètres de Weibull pour Fort Augustus au Royaume Uni, voir figure 8.2. La comparaison montre qu'il est possible d'utiliser les données d'observation d'altitude pour l'évaluation des conditions de vent en terrain complexe. La comparaison des données mesurées et prévues est bonne: ceci est dû en partie au climat venté de la région.

Secteur	Mesuré			Calculé			Mesuré		
	Stornoway			Fort Augustus			Fort Augustus		
°	A	k	f	A	k	f	A	k	f
0	10.7	1.85	6.5	1.9	1.48	3.6	1.9	1.12	4.3
30	10.2	1.94	4.7	2.8	1.56	5.2	3.6	1.73	7.8
60	9.2	1.77	4.1	3.5	1.50	9.6	3.8	1.94	10.0
90	9.3	1.68	4.0	2.3	1.33	4.8	2.5	1.44	4.6
120	9.3	1.64	5.2	1.9	1.56	4.2	1.2	0.79	3.1
150	9.2	1.64	5.7	1.8	1.77	5.0	1.8	0.94	3.3
180	12.7	1.90	9.7	3.1	1.51	7.8	3.5	1.40	5.3
210	15.4	1.94	13.7	4.9	1.85	17.1	5.5	2.43	21.3
240	16.3	2.21	15.7	5.5	1.93	27.2	4.7	1.89	25.1
270	15.5	2.07	13.6	3.1	1.47	7.2	2.6	1.52	9.0
300	13.5	1.92	9.2	2.2	1.60	4.7	1.0	0.87	3.3
330	11.7	1.89	8.0	1.5	1.70	3.3	0.9	0.83	3.0
Total	13.1	1.81	100.0	3.7	1.42	100.0	3.9	1.65	100.0

Tableau 9.2: Comparaison de stations irlandaises. Trois groupes de stations apparaissent: les stations de la côte Atlantique (Valentia, Belmullet et Malin Head), les stations de la côte Sud (Cork, Roches Point) et les stations continentales (Shannon, Claremorris et Mullingar).

L'accord au sein de ces groupes est très bon. En outre, si les deux derniers groupes et Dublin sont considérés comme faisant partie du même groupe, ici également l'accord est bon. Dublin est considéré comme représentative de la zone côtière non montagneuse irlandaise et elle est comparée avec quelques stations du Royaume Uni dans la Table 9.3.

	Bel	Val	Mal	Sha	Cla	Roc	Cor	Mul	Dub
Belmullet	6.9	6.8	6.9	5.8	5.6	5.7	5.9	5.8	6.0
Valentia	5.9	5.7	5.8	4.9	4.8	4.9	5.1	4.9	5.2
Malin Head	8.5	8.3	8.2	7.1	6.9	7.2	7.4	7.1	7.4
Shannon	5.9	5.9	6.0	5.0	4.9	4.9	5.2	5.0	5.2
Claremorris	5.3	5.2	5.2	4.4	4.3	4.4	4.5	4.4	4.6
Roches Point	7.7	7.8	7.9	6.7	6.4	6.4	6.9	6.5	6.7
Cork	6.0	5.9	5.9	5.0	4.9	5.0	5.1	5.0	5.3
Mullingar	5.8	5.8	5.8	4.9	4.7	4.8	5.1	4.9	5.1
Dublin	5.9	5.8	5.9	5.0	4.8	4.9	5.1	4.9	5.2

Tableau 9.3: Sept stations du Royaume Uni et une station d'Irlande sont comparées entre elles. Le premier groupe comprend les stations proches de la Mer d'Irlande: Dublin, Snaefell, Valley et Blackpool. La comparaison est bonne même pour Snaefell, si on considère sa position sur le sommet, à 621 mètres d'altitude, de l'Ile de Man. Les stations de Manchester, Bala, Lowther Hill et Eskdalemuir représentent les conditions continentales. Les trois dernières stations sont situées sur un terrain très accidenté avec de nombreux sommets. Manchester est par ailleurs pris en considération dans la Table 9.5.

	Dub	Val	Bla	Sna	Bal	Man	Low	Esk
Dublin	5.2	4.9	5.2	6.2	5.2	4.6	5.3	5.5
Valley	7.4	7.0	7.1	8.8	7.5	6.5	7.4	7.8
Blackpool	6.0	5.6	5.7	7.1	6.0	5.2	6.0	6.3
Snaefell	11.6	11.0	12.0	13.8	11.4	10.5	12.0	12.0
Bala	4.1	3.6	3.9	4.8	4.0	3.4	3.9	4.3
Manchester	5.0	4.9	5.0	6.1	5.2	4.5	5.2	5.5
Lowther Hill	10.1	9.4	10.1	11.9	9.9	8.9	10.1	10.5
Eskdalemuir	4.5	4.4	4.5	5.4	4.6	4.1	4.7	4.9

Tableau 9.4: Six stations en Ecosse, Royaume Uni, sont comparées entre elles, parmi lesquelles quatre stations sont côtières (Benbecula, Duirinish, Dustaffnage et Wick) et deux sont situées sur les montagnes: Cairngorm perchée à 1065 mètres d'altitude, et Fort Augustus dans la profonde Glen Valley.

Duirinish et Dustaffnage sont toutes les deux situées dans les mêmes conditions de vent sur la côte Ouest d'Ecosse et leur comparaison est bonne. Wick, la station qui est située la plus au Nord de l'Ecosse, se compare raisonnablement bien avec les deux stations montagneuses, tandis qu'avec Benbecula, située sur le côte Ouest des Hébrides, la comparaison est moins bonne. Les deux stations montagneuses sont données purement et simplement dans un but d'illustration; cependant la comparaison de la station de Fort Augustus avec les stations côtières est étonnamment bonne.

	Ben	Dui	Dus	Wic	Cai	For
Benbecula	6.8	5.5	5.7	5.8	6.9	6.8
Duirinish	7.5	6.0	6.2	6.4	7.8	7.4
Dustaffnage	6.1	4.9	5.2	5.3	6.1	5.9
Wick	6.8	5.5	5.8	5.9	6.8	6.6
Cairngorm	9.8	7.8	8.5	8.6	9.9	9.5
Fort Augustus	3.5	3.0	3.0	2.9	3.8	3.4

Tableau 9.5: Neuf stations couvrant le centre et le Sud de l'Angleterre sont comparées entre elles. Ces stations peuvent être groupées comme suit: le centre de l'Angleterre avec Manchester, Birmingham et Londres; le Sud-Ouest de l'Angleterre avec Burring-ton, Exeter, Bournemouth et Yeovilton; le centre Est de l'Angleterre avec Waddington et Coltishall.

La comparaison est raisonnablement bonne entre ces trois groupes de stations.

	Man	Bir	Wad	Col	Lon	Bou	Yeo	Exe	Bur
Manchester	4.5	4.6	4.9	4.5	4.0	4.1	4.7	4.5	5.1
Birmingham	4.5	4.5	4.8	4.5	4.0	4.0	4.7	4.5	5.2
Waddington	4.6	4.6	5.0	4.6	4.1	4.1	4.8	4.6	5.2
Coltishall	4.6	4.7	5.1	4.7	4.2	4.2	4.9	4.6	5.3
London	4.4	4.5	4.9	4.5	4.0	4.1	4.7	4.4	5.1
Bournemouth	4.7	4.8	5.1	4.7	4.2	4.3	4.9	4.7	5.4
Yeovilton	4.6	4.7	5.1	4.7	4.1	4.2	4.8	4.6	5.1
Exeter	4.5	4.6	4.9	4.6	4.1	4.1	4.8	4.6	5.3
Burrington	5.1	5.1	5.5	5.1	4.5	4.6	5.3	5.1	5.8

Tableau 9.6: Neuf stations du Danemark sont comparées entre elles. On peut identifier trois groupes de stations: du centre-Ouest au Nord-Ouest de Jylland avec Ålborg et Karup; le reste de Jylland avec Horns Rev Fyrskib, Tirstrup et Skrydstrup; les îles avec Beldringe sur Fyn, Kastrup sur Sjælland et Rønne sur Bornholm. Dans chacun de ces groupes l'accord est bon. Même lorsque toutes les stations sont considérées comme appartenant au même groupe – comme dans le cas de l'Atlas Eolien du Danemark – les comparaisons sont plutôt bonnes.

	Ålb	Kar	Hor	Tir	Skr	Bel	Vær	Kas	Røn
Ålborg	5.8	6.2	5.4	5.8	5.6	5.4	4.9	5.9	5.3
Karup	5.0	5.3	4.6	4.9	4.8	4.5	4.2	5.0	4.5
Horns Rev Fyrskib	8.4	8.9	7.8	8.3	8.0	7.7	7.2	8.4	7.6
Tirstrup	4.5	4.7	4.2	4.3	4.3	4.0	3.8	4.5	4.2
Skrydstrup	4.8	5.2	4.5	4.8	4.6	4.4	4.1	4.8	4.4
Beldringe	5.5	5.8	5.1	5.4	5.3	4.9	4.6	5.5	4.9
Værløse	5.3	5.6	4.9	5.2	5.1	4.8	4.5	5.3	4.8
Kastrup	6.3	6.6	5.8	6.1	5.9	5.7	5.3	6.3	5.7
Rønne	6.5	7.0	6.0	6.5	6.2	6.1	5.5	6.5	5.8

Tableau 9.7: Six stations allemandes et une station hollandaise sont comparées. Les stations de Bremen, Hamburg, Hannover, Braunschweig et Berlin sont représentatives des conditions continentales du Nord de l'Allemagne et la comparaison est bonne. La comparaison entre Düsseldorf et Eindhoven n'est pas bonne, probablement à cause de l'influence de la vallée du Rhin sur la climatologie du vent à Düsseldorf.

	Bre	Ham	Han	Bra	Ber	Düs	Ein
Bremen	4.3	4.5	4.3	4.2	4.3	4.0	4.5
Hamburg	4.2	4.3	4.1	4.0	4.1	3.9	4.4
Hannover	4.1	4.3	4.0	4.0	4.1	3.9	4.4
Braunschweig	4.1	4.2	4.0	3.8	4.0	3.7	4.2
Berlin	4.2	4.3	4.2	4.0	4.2	3.9	4.4
Düsseldorf	4.4	4.5	4.3	4.2	4.3	4.1	4.6
Eindhoven	4.3	4.4	4.2	4.1	4.2	3.9	4.4

Tableau 9.8: Six stations allemandes représentatives des conditions du centre et du Sud de l'Allemagne sont comparées. Nürnberg, Weißenburg et München se comparent raisonnablement bien, le reste beaucoup moins.

	Nür	Wei	Mün	Hof	Stu	Fra
Nürnberg	2.8	2.9	3.0	3.4	2.4	3.1
Weißenburg	2.6	2.7	2.9	3.3	2.3	3.1
München	3.1	3.3	3.2	3.8	2.6	3.5
Hof–Hohensaas	3.1	3.3	3.3	3.8	2.6	3.5
Stuttgart	3.1	3.1	3.2	3.7	2.6	3.3
Frankfurt	3.0	3.2	3.3	3.8	2.7	3.4

Tableau 9.9: Cinq stations de la Mer du Nord et une station sur terre sont comparées entre elles: les deux îles allemandes de Helgoland et List/Sylt, l'île hollandaise de Terschelling, les deux phares de Texel et Horns Rev et finalement l'aéroport de Skrydstrup dans le Sud du Jylland.

A l'exception de Terschelling, les comparaisons sont assez bonnes. Skrydstrup, qui a une valeur moyenne plus petite que celles des autres stations, est en même temps bien prévue et elle est bien utilisée pour la prévision des autres stations. L'écart de Terschelling est aussi apparent dans la table 9.10.

	Hel	Lis	Tex	Hor	Skr	Ter
Helgoland	7.2	7.5	7.1	7.3	7.5	7.7
List/Sylt	6.8	7.0	6.7	6.9	7.0	7.3
Texel Lichtschip	7.7	8.1	7.6	7.8	8.0	8.3
Horns Rev Fyrskib	7.7	8.1	7.6	7.8	8.0	8.3
Skrydstrup	4.4	4.7	4.4	4.5	4.6	4.8
Terschelling	7.1	7.5	6.9	7.2	7.4	7.6

Tableau 9.10: Six stations hollandaises sont comparées entre elles. A l'exception de la station de l'île de Terschelling de la Mer du Nord, la comparaison entre les stations est très bonne. Les stations de Schipol, Leeuwarden et Eelde sont représentatives des conditions côtières de la Mer du Nord tandis que Eindhoven est représentative des conditions continentales.

	Sch	Ein	Lee	Tex	Eel	Ter
Schiphol	5.0	4.7	5.2	5.1	5.1	5.5
Eindhoven	4.7	4.4	4.9	4.8	4.8	5.2
Leeuwarden	5.0	4.7	5.1	5.0	5.1	5.4
Texel Lichtschip	7.6	7.2	7.9	7.6	7.8	8.3
Eelde	4.4	4.2	4.6	4.5	4.5	4.9
Terschelling	6.9	6.6	7.2	6.9	7.1	7.6

Tableau 9.11: Cinq stations en Belgique (Middelkerke, Melsbroek, Florennes, Saint Hubert et Spa), la station de l'aéroport de Findel au Luxembourg et Eindhoven en Hollande sont comparées entre elles.

Middelkerke est située à 1200 mètres de la côte de la Mer du Nord et la comparaison n'est pas bonne avec les autres stations qui sont représentatives des conditions continentales. Les stations continentales se comparent entre elles assez bien. La station de Middelkerke est encore prise en considération dans la Table 9.12.

	Mel	Flo	Sai	Spa	Fin	Ein	Mid
Melsbroek	4.4	4.3	4.3	4.4	4.2	4.5	4.9
Florennes	4.0	3.9	3.9	4.1	3.8	4.1	4.5
Saint Hubert	4.5	4.3	4.3	4.4	4.2	4.6	5.1
Spa	4.1	4.0	4.0	4.2	3.8	4.2	4.6
Findel	4.1	3.9	3.9	4.1	3.7	4.1	4.5
Eindhoven	4.4	4.3	4.2	4.4	4.1	4.4	4.9
Middelkerke	5.2	5.0	5.0	5.2	4.8	5.3	5.8

Tableau 9.12: Huit stations du Nord-Ouest de la France et une station belge sont comparées entre elles. Deux groupes de stations peuvent être identifiés: les stations côtières (Lorient, Brest, Dinard, Cherbourg et Middelkerke) et les stations situées à l'intérieur du continent à plus de 10 km de la côte (Evreux, Caen, Abbeville et Cambrai). Mis à part Cherbourg et Evreux, les accords dans ces groupes sont bons. La station d'Evreux est encore prise en considération dans la table 9.13.

	Lor	Br	Din	Mid	Che	Evr	Cae	Abb	Cam
Lorient	4.7	4.8	4.5	4.7	5.3	3.8	4.2	4.1	4.2
Brest	4.5	4.6	4.4	4.4	5.0	3.6	4.0	3.9	3.9
Dinard	4.5	4.7	4.4	4.5	5.1	3.7	4.1	4.0	4.1
Middelkerke	5.9	6.0	5.6	5.8	6.5	4.8	5.3	5.1	5.2
Cherbourg	4.8	4.9	4.7	4.6	5.3	3.9	4.2	4.2	4.1
Evreux	5.1	5.2	5.0	5.0	5.6	4.1	4.6	4.4	4.6
Caen	5.3	5.4	5.1	5.2	5.9	4.3	4.7	4.6	4.7
Abbeville	5.4	5.5	5.2	5.3	6.0	4.3	4.8	4.7	4.7
Cambrai	5.4	5.5	5.2	5.3	6.0	4.4	4.8	4.7	4.8

Tableau 9.13: Cinq stations françaises, deux stations allemandes et une station du Luxembourg sont comparées. Les stations sont représentatives d'une zone s'étendant de Nantes dans le Sud-Ouest à Saarbrücken dans le Nord-Est. Les comparaisons entre ces stations sont bonnes, avec la station de Toul qui indique le plus grand écart.

	Nan	Evr	Orl	Rei	Tou	Saa	Fin	Fra
Nantes	3.8	3.8	3.8	3.7	3.5	3.7	3.9	3.4
Evreux	4.1	4.1	4.2	4.0	3.8	4.0	4.2	3.7
Orléans	4.2	4.2	4.2	4.0	3.8	4.1	4.3	3.7
Reims	3.9	3.9	3.9	3.7	3.5	3.8	4.0	3.4
Toul	3.8	3.7	3.8	3.6	3.6	3.8	3.8	3.5
Saarbrücken	3.5	3.5	3.6	3.5	3.3	3.5	3.6	3.2
Findel	3.7	3.7	3.7	3.5	3.4	3.6	3.7	3.3
Frankfurt	3.7	3.8	3.8	3.7	3.4	3.6	3.8	3.4

Tableau 9.14: Sept stations du centre et du Sud-Ouest de la France sont comparées entre elles.

Les comparaisons sont raisonnablement bonnes entre les stations de Poitiers, Limoges, Bordeaux, Avord et Toulouse. La station d'Orléans, qui se trouve aussi dans la Table 9.13, et la station de Mont de Marsan ne sont pas représentatives de la région. Mont de Marsan pourrait être représentative de la région à vent faible située à l'extrême Sud-Ouest, près des Pyrénées.

	Poi	Lim	Bor	Avo	Tou	Orl	Mon
Poitiers	3.4	3.3	3.5	3.4	3.6	3.9	2.5
Limoges	3.4	3.2	3.4	3.3	3.4	3.8	2.4
Bordeaux	3.2	3.0	3.3	3.2	3.3	3.6	2.3
Avord	3.8	3.7	3.9	3.8	3.9	4.4	2.7
Toulouse	3.4	3.3	3.5	3.4	3.5	3.8	2.4
Orléans	3.7	3.6	3.8	3.7	3.8	4.2	2.7
Mont de Marsan	3.1	3.0	3.2	3.1	3.3	3.5	2.3

Tableau 9.15: Quatre stations françaises du Massif Central sont comparées entre elles. Les stations de Clermont-Ferrand, Saint Yan et Vichy sont situées dans les plaines connexes de Limagne, de la Loire et l'Allier, au Nord du Massif Central. Les comparaisons entre ces stations sont bonnes.

	Cle	Vic	Sai	Le
Clermont-Ferrand	2.9	2.8	2.7	2.4
Vichy	2.7	2.6	2.5	2.3
Saint Yan	2.8	2.7	2.6	2.3
Le Puy Chadrac	3.3	3.3	3.2	2.8

Tableau 9.16: Neuf stations françaises du Massif Central, de la vallée du Rhône et de la côte Méditerranéenne sont comparées entre elles.

La plupart des sites sont situés sur des terrains accidentés et les comparaisons sont difficiles à effectuer. En général, les stations ne doivent être représentatives que de leur site d'implantation et d'un environnement voisin de caractéristiques orographiques similaires.

	Car	Per	Gou	Aur	Mil	Ist	Nîm	Sai	Lyo
Carcassonne	5.0	5.0	3.2	2.5	4.0	4.8	4.1	2.8	3.1
Perpignan	5.4	5.1	3.4	2.6	4.1	5.0	4.2	2.9	3.3
Gourdon	4.4	4.2	2.8	2.2	3.4	4.1	3.5	2.4	2.7
Aurillac	5.4	4.9	3.4	2.6	4.0	4.7	4.0	2.9	3.2
Millau	7.0	7.2	4.7	3.7	5.4	6.7	5.7	4.0	4.5
Istres	6.1	5.9	3.9	3.0	4.6	5.6	4.7	3.3	3.8
Nîmes	5.6	5.3	3.6	2.8	4.3	5.2	4.4	3.2	3.5
Saint Etienne	4.8	4.8	3.1	2.4	3.6	4.4	3.7	2.7	3.0
Lyon	4.8	4.7	3.2	2.5	4.0	4.9	4.2	2.8	3.2

Tableau 9.17: Comparaison de deux stations du Nord-Est de l'Espagne. La station de Gerona est très influencée par les obstacles et la comparaison est assez difficile.

	Ger	Bar
Gerona	2.3	2.8
Barcelona	2.7	3.4

Tableau 9.18: Comparaison de trois stations de la côte Est de l'Espagne. En considérant les différences topographiques des sites respectifs, la comparaison entre les deux stations de Murcia et d'Alicante est raisonnablement bonne. Valencia est située à plus de cent kilomètres au Nord et elle est séparée des deux autres stations par une grande région montagneuse.

	Val	Ali	Mur
Valencia	3.3	4.0	4.9
Alicante	3.2	3.9	5.0
Murcia	2.9	3.6	4.4

Tableau 9.19: Comparaison de trois stations du Sud de l'Espagne. Les deux stations de Málaga et Almería sont situées toutes les deux sur la côte mais séparées par une distance de 200 km. Granada est située approximativement à 50 km sur le continent derrière la chaîne de montagne de la Sierra Nevada.

	Mál	Gra	Alm
Málaga	3.7	2.1	3.6
Granada	4.2	2.3	3.9
Almería	3.9	2.3	3.8

Tableau 9.20: Comparaison de deux stations portugaises et d'une station espagnole dans le Sud-Ouest de la péninsule Ibérique. La comparaison entre les deux stations côtières portugaises est bonne. la comparaison avec Séville est également bonne sachant qu'elle est située approximativement à 50 km de la côte et séparée des deux autres stations de plus de 200 km.

	Sev	Far	Sag
Sevilla	3.0	3.3	3.6
Faro	3.3	3.6	3.8
Sagres	5.4	5.9	5.5

Tableau 9.21: Comparaison de trois stations du Nord-Ouest de l'Espagne. Les stations sont situées en terrain accidenté et les comparaisons ne sont pas bonnes.

	Cor	San	Avi
La Coruña	4.2	3.7	2.4
Santiago de Compostela	4.7	3.8	2.4
Avilés	5.4	4.2	2.8

Tableau 9.22: Comparaison de six stations des Iles Canaries en Espagne. La séparation entre les stations voisines est typiquement de 100 km ou plus. Même si les stations sont situées dans le même régime de vent fort des Alizés de Nord Est, les hautes montagnes volcaniques influencent fortement l'écoulement. Donc les intercomparaisons sont difficiles à effectuer. Il faut noter également que les données n'ont pas été corrigées des influences des grandes montagnes.

	Pal	Lan	Fue	TRS	Hie	TLR
Las Palmas	7.3	6.1	5.4	6.3	5.4	8.1
Lanzarote	7.2	6.1	5.4	6.4	5.5	8.1
Fuerteventura	8.5	7.1	6.2	6.9	6.5	9.2
Tenerife (R.Sofía)	6.8	5.8	5.1	5.6	5.0	7.3
El Hierro	10.1	8.3	7.2	7.8	7.6	10.5
Tenerife (Los Rodeos)	5.9	5.2	4.5	4.7	4.5	6.2

Tableau 9.23: Comparaison de deux stations des Iles Açores, au Portugal. Les stations sont séparées entre elles de 600 km approximativement.

	Flo	San
Flores	4.7	4.3
Santa Maria	6.7	5.8

Tableau 9.24: Comparaison de deux stations des îles de Madeira et Porto Santo au Portugal. Les caractéristiques du vent à Funchal sont influencées par les grandes montagnes de Madeira. Les données de ces stations ne sont pas corrigées de ces effets et par conséquent la comparaison est difficile.

	Fun	Por
Funchal	5.0	4.1
Porto Santo	5.3	4.6

Tableau 9.25: Comparaison de cinq stations au Portugal. La comparaison entre les deux stations de Faro et Sagres situées au Sud sur la côte est bonne. Les autres stations sont séparées par des chaînes de montagnes et par des distances considérables.

	Far	Sag	Sin	Lis	Cab
Faro	3.6	3.8	3.0	4.2	2.9
Sagres	5.9	5.5	4.5	6.2	4.4
Sines	5.2	6.2	4.5	6.8	4.6
Lisboa	3.6	4.0	3.0	4.3	3.0
Cabo Carvoeiro	5.9	7.0	5.1	7.4	4.8

Tableau 9.26: Comparaison de trois stations au Sud de l'Italie. Trois stations dans Apuglia sont comparées entre elles. La comparaison est assez bonne et les données de ces stations sont représentatives de la région dans laquelle le terrain est relativement peu accidenté.

	Gio	Bri	Lec
Gioia del Colle	3.6	4.0	3.8
Brindisi	4.2	4.6	4.4
Lecce Galatina	3.5	3.9	3.7

Tableau 9.27: Comparaison de deux stations du centre de l'Italie. La comparaison est bonne entre ces stations mais la région est soumise à un régime de vent faible.

	Pis	Gro
Pisa	2.2	2.3
Grosseto	2.2	2.3

Tableau 9.28: Comparaison de six stations en Sardaigne, Italie. Trois groupes de stations sont identifiés: trois stations au Nord de la vallée de Campidano (Monte Arci, Santa Anna et Cirras), deux stations dans la partie Sud (Cagliari et San Gilla), et Santa Catarina sur la côte au Sud-Ouest de l'île.
Dans le premier groupe, Monte Arci et Cirras se comparent bien, mais Santa Anna s'écarte de manière significative. Le second groupe comporte deux stations séparées de moins de cinq kilomètres et la comparaison est bonne.

	Mon	Ann	Cir	Cag	Gil	Cat
Monte Arci	5.8	4.8	6.2	7.0	7.2	6.3
Santa Anna	4.4	3.7	4.7	5.4	5.6	4.8
Cirras	4.8	3.9	5.1	5.7	5.8	5.1
Cagliari	3.5	2.9	3.6	4.2	4.3	3.7
San Gilla	4.3	3.5	4.7	5.3	5.6	4.7
Santa Caterina	4.8	4.0	5.0	5.9	6.0	5.3

Tableau 9.29: Comparaison de deux stations à l'Ouest de la Grèce. Les deux stations sont assez éloignées l'une de l'autre et elle sont situées dans des emplacements de topographies différentes. La comparaison n'est pas bonne.

	Ara	Ker
Araxos	3.7	2.0
Kerkyra	4.1	2.6

Tableau 9.30: Comparaison de sept stations grecques autour de la mer Egée. Les stations couvrent une vaste zone et sont essentiellement caractérisées par une topographie accidentée qui rend l'intercomparaison difficile.

	Nax	Lim	Rod	Her	Myt	Ath	The
Naxos	7.0	4.5	5.8	5.6	5.5	4.7	4.3
Limnos (APT)	6.4	5.4	5.4	5.2	5.1	4.8	4.1
Rodos	5.9	4.8	4.8	4.5	4.4	4.2	3.7
Heraklion	6.0	5.5	4.9	4.7	4.6	4.5	3.9
Mytilini	6.8	5.5	4.4	5.0	4.8	4.8	4.1
Athina	5.4	4.6	5.1	4.7	4.6	4.0	3.6
Thessaloniki	5.1	4.2	5.0	4.5	4.2	3.8	3.5

9.2 Validation avec de hauts mâts météorologiques

L'intercomparaison des statistiques des stations météorologiques présentée ci-dessus ne permet pas de tester de façon approfondie les prévisions du modèle à des hauteurs supérieures à quelques dizaines de mètres parce que les mesures de vent à l'échelle synoptique sont effectuées à des faibles hauteurs. Cependant, il existe en Europe et ailleurs un certain nombre de hauts mâts, sur lesquels le vent a été mesuré. Pour illustrer la possibilité de modéliser la variation des paramètres de Weibull à de plus grandes hauteurs, on présente ici les données provenant de six hauts mâts. Pour chaque mât, les données du niveau le plus bas ont été utilisées pour reconstituer les distributions du vent à des niveaux supérieurs. Les tableaux suivants donnent les paramètres de Weibull et la densité de puissance [Wm⁻²] pour des distributions du vent mesuré et reconstitué pour chaque mât.

Pour ce qui concerne les mâts de Ferrel, Kivenlahti, Näsudden, Risø et Sprogø, des descriptions précises de la rugosité ont été préparées à partir de cartes topographiques. Pour le mât de Cabauw, les données étaient disponibles uniquement sous forme de distribution fréquentielle totale indépendante de l'azimuth et les résultats sont données pour deux rugosités de surface comme le montre le tableau.

Tableau 9.31: Mât de Cabauw, Holande. Les données sont présentées sous la forme d'un tableau de fréquence couvrant une année 1978/79. Le mât est situé sur le continent dans une zone rurale d'apparence plutôt ouverte à une plus grande échelle. Les arbres et les ceintures d'obstacles du voisinage ont une influence locale. Les résultats pour deux rugosités de surface différentes sont présentés: la rugosité la plus grande est la plus réaliste.

Hauteur z	Mesure			Calcul					
	A	k	E	z ₀ = 5cm			z ₀ = 15cm		
				A	k	E	A	k	E
10 m	4.7	1.79	97	4.7	1.79	98	4.7	1.78	98
40 m	6.5	2.09	218	6.6	1.99	235	6.4	2.06	204
80 m	8.0	2.52	343	7.8	2.19	352	7.5	2.25	312
120 m	9.0	2.47	487	8.6	2.23	473	8.4	2.27	435
200 m	9.9	2.28	698	9.9	2.18	727	9.9	2.21	709

Tableau 9.32: Mât de Ferrel, Portugal. Les données couvrent une période de deux années 1997–78. Le site est localisé sur la côte à 10 km au Nord-Est de Cabo Carvoeiro. Le mât était situé à 3.5 km au Nord-Est du village de Ferrel. La distance à la mer est de 300 m vers le Nord-Ouest. Au Sud-Est, le paysage est ondulé et couvert de végétation. Au voisinage du mât, le terrain se compose de dunes de sable.

Hauteur z	Mesure			Calcul		
	A	k	E	A	k	E
10 m	5.8	1.83	171	5.8	1.83	171
30 m	7.2	2.09	289	7.0	1.94	286
100 m	8.6	2.33	450	8.4	2.04	467

Tableau 9.33: Mât de Kivenlahti, Finlande. Les données couvrent les années 1978-79. Le mât est situé dans une forêt dense, les sommets des arbres atteignent 15–20 m. Une zone dégagée autour du mât s'étend sur quelques dizaines de mètres. On suppose une longueur de déplacement de 10 m et une rugosité de surface de 70 cm.

Hauteur z	Mesure			Calcul		
	A	k	E	A	k	E
21 m	3.3	1.56	40	3.4	1.59	44
92 m	6.2	2.09	185	6.3	1.86	218
224 m	8.4	2.02	476	8.0	1.93	438

Tableau 9.34: Mât de Näsudden, Suede. Les données couvrent la période 1980–85. Le mât est situé sur la petite péninsule de Näsudden sur l'île de Gotland. La distance à la mer Baltique est un peu supérieure à un kilomètre, du Sud au Sud-Ouest. Au voisinage du mât, le terrain comporte des broussailles de faible densité et des arbres éparpillés. Plus loin du mât, le terrain est forestier et vallonné.

Hauteur z	Mesure				Calcul			
	M	A	k	E	M	A	k	E
10 m	5.1	5.8	1.99	157	5.1	5.7	1.96	154
38 m	7.0	7.8	2.02	381	7.0	7.9	2.10	385
54 m	7.5	8.4	2.10	465	7.7	8.6	2.13	493
75 m	8.0	9.0	2.10	555	8.1	9.1	2.13	585
96 m	8.4	9.5	2.12	647	8.4	9.5	2.12	654
120 m	8.6	9.7	2.13	692	8.8	9.9	2.10	750
145 m	9.1	10.3	2.15	818	9.1	10.3	2.08	845

Tableau 9.35: Mât de Risø, Danemark. Des données continues de ce mât sont disponibles de 1957 jusqu'à présent. Suite aux changements des niveaux de mesure et du système d'acquisition des données, les 10 derniers années disponibles couvrant la période 1976–86 ont été utilisées dans cette étude. Le terrain environnant est plutôt non homogène, avec le Fjord à l'Ouest et des fermes ouvertes à l'Est.

Hauteur z	Mesure			Calcul		
	A	k	E	A	k	E
11 m	5.4	1.87	135	5.3	1.87	134
27 m	6.7	1.99	249	6.7	1.96	254
43 m	7.5	2.05	332	7.3	2.11	302
76 m	8.3	2.20	428	8.2	2.25	403
117 m	9.1	2.30	536	9.1	2.29	535

Tableau 9.36: Mât de Sprogø, Danemark. Les données couvrent une période de 4 années (1983-88). Le mât est situé sur la petite île de Sprogø au milieu de Storebælt (Great Belt). Le mât est monté sur une longue et étroite pointe de terre large de 50 m seulement et s'étendant de 300 m à l'Est de l'île. A l'exception du secteur 240°-270°, l'approche du mât sur plusieurs kilomètres se fait sur une étendue d'eau. La distance aux îles de Sjælland à l'Est et de Fyn à l'Ouest est approximativement de 10 km.

Hauteur z	Mesure			Calcul		
	A	k	E	A	k	E
8 m	7.1	2.02	289	7.0	2.01	282
18 m	7.6	2.07	342	7.8	2.14	357
55 m	8.9	2.26	513	8.9	2.33	499
68 m	9.2	2.31	547	9.2	2.31	555

Chapitre 10

Références

10.1 Publications citées dans l'Atlas

- Beljaars, A.C.M, J.L. Walmsley and P.A. Taylor (1987). A mixed spectral finite-difference model for neutrally stratified boundary-layer flow over roughness changes and topography. *Boundary-Layer Meteorol.* **38**, 273–303.
- Betz, A. (1920). Das Maximum der theoretisch möglichen Ausnützung des Windes durch Windmotoren. *Zeitschrift für das gesamte Turbinenwesen* **26**.
- Businger, J. (1973). Turbulent transfer in the atmospheric surface layer. In: Workshop on Micrometeorology. Ed. by D.A. Haugen. American Meteor. Soc., Boston, Mass. 67–100.
- Børresen, J.A. (1987). Wind atlas for the North Sea and the Norwegian Sea. Norwegian University Press and Norwegian Meteorological Institute, Oslo. 183 pp.
- Charnock, H. (1955). Wind stress on a water surface. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.* **81**, 639–640.
- Christensen, C.J. and J.B. Dragt (editors). Accuracy of power curve measurements. Risø-M-2632. Risø National Laboratory, Denmark, 1986. 80 pp.
- Clarke, R.H. and G.D. Hess (1974). Geostrophic departure and the functions A and B of Rossby-number similarity theory. *Boundary-Layer Meteorol.* **7**, 267–287.
- Courtney, M. S. (1988). An atmospheric turbulence data set for wind turbine research. Wind Energy Conversions 1988. Proc. of the 10th British Wind Energy Association Conference, London 22–24 March. Mechanical Engineering Publications, London, 89–94.

- Dyer, A.J. (1974). A review of flux-profile relationships. *Boundary-Layer Meteorol.* **7**, 363–372.
- Elliot D.L., C.G. Holladay, W.R. Barchet, H.P. Foote and W.F. Sandusky (1986). Wind energy resource atlas of the United States. Solar Technical Information Program, Solar Energy Research Institute, Golden, Colorado. 210 pp.
- Frandsen, S. (1987). On uncertainties in power performance measurements. Sixth ASME Wind Energy Symposium, Dallas, February 15–18, 1987. 157–169.
- Frandsen, S., A.R. Trenka and B. Maribo Pedersen (editors). Expert group study on recommended practices for wind turbine testing and evaluation, 1. Power performance testing. International Energy Agency. 1. edition, 1982. 16 pp.
- Gumbel, E. J. (1958). Statistics of extremes. Columbia University Press, New York. 375 pp.
- Huschke, R.E. (editor). Glossary of meteorology. American Meteorological Society, Boston, Massachusetts. 1959. 638 pp.
- Jackson, P.S. and J.C.R. Hunt (1975). Turbulent wind flow over a low hill. *Quart. J. Roy. Met. Soc.* **101**, 929–955.
- Jensen, N.O., E.L. Petersen and I. Troen (1984). Extrapolation of mean wind statistics with special regard to wind energy applications. World Meteorological Organization, WCP-86. 85 pp.
- Lamb, H.H. (1972). Climate: present, past and future. Vol. 1: Fundamentals and climate now. Methuen & Co Ltd, London. 613 pp.
- Landsberg, H.E. and C.C. Wallén (editors). World survey of climatology. Vol. **5** (1970): Climates of northern and western Europe. 253 pp. Vol. **6** (1977): Climates of central and southern Europe. 248 pp. Elsevier, Amsterdam.
- Larsen S.E., L. Kristensen and K. Frydendahl (1988). Impact of climate variability on wind and solar energy production, on heating consumption and on atmospheric dispersion of pollutants. Risø-R-558. Risø National Laboratory, Denmark. 80 pp.
- Lettau, H. (1969). Note on aerodynamic roughness-parameter estimation on the basis of roughness-element distribution. *J. Appl. Met.* **8**, 828–832.
- Mason, P.J. and J.C. King (1985). Measurements and predictions of flow and turbulence over an isolated hill of moderate slope. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.* **111**, 617–640.
- Meteorological Office (1979). Upper-air summaries 1961–70. Part 1 – Stornoway. Met. O. 910a. 125 pp.

- Oberhettinger, F. (1973). Fourier expansions. A collection of formulas. Academic Press, New York and London. 64 pp.
- Panofsky, H.A. (1973). Tower micrometeorology. In: Workshop on micrometeorology. Ed. D.A. Haugen, American Meteorological Society, Boston, Mass., 151–176.
- Perera, M.D. (1981). Shelter behind two-dimensional solid and porous fences. *J. Wind Engin. and Industrial Aerodyn.* **8**, 93–104.
- Petersen, E.L. (1986). Modelling of site-specific time series of the wind speed. Proceedings of the European Wind Energy Association Conference and Exhibition, Rome, October 7–9, 1986, 225–230.
- Petersen, E.L., I. Troen, S. Frandsen and K. Hedegaard (1981). Windatlas for Denmark. A rational method for wind energy siting. Risø-R-428. Risø National Laboratory, Denmark. 229 pp.
- Petersen, E.L., I. Troen and J. Wieringa (1984). Development of a method for wind climate analysis for non-mountainous terrain in Europe. Proceedings of the European Wind Energy Conference, Hamburg, October 22–26, 1984, 6–12.
- Petersen, E.L. and I. Troen (1986). The European wind atlas. Proceedings of the European Wind Energy Association Conference and Exhibition, Rome, October 7–9, 1986, 191–200.
- Planstyrelsen (1981). Store vindmøller i Danmark. Bind 1-2 (in Danish). Planstyrelsen, Miljøministeriet, København, Denmark.
- Rao, K.S., J.C. Wyngaard and D.R. Côté (1974). The structure of the two-dimensional internal boundary layer over a sudden change of surface roughness. *J. Atmos. Sci.* **26**, 432–440.
- Rosby C.-G. and R.B. Montgomery (1935). The layer of frictional influence in wind and ocean currents. *Papers in Phys. Oceanogr. Meteor.*, MIT and Woods Hole Oceanogr. Inst., III no. 3. 101 pp.
- Rutkis, J. (1971). Tables on relative relief in middle and western Europe. University of Uppsala, Department of Physical Geography, UNGI Rapport 9. 21 pp.
- Sacré, C. (1987). European wind atlas – estimation of the wind speed perturbation over some mountainous regions. Centre Sc. Techn. Bâtiment, Nantes, EN-CLI 87–13. 417 pp.
- Salmon J.R., A.J. Bowen, A.M. Hoff, R. Johnson, R.E. Mickle, P.A. Taylor, G. Tetzlaff and J.L. Walmsley (1987). The Askervein Hill Project: Mean wind variations at fixed height above ground. *Boundary-Layer Meteorol.* **43**, 247–271.

- Sempreviva, A.M., S.E. Larsen, N.G. Mortensen and I. Troen (1990). Response of neutral boundary layers to changes of roughness. *Boundary-Layer Meteorology* **50**: 205–225.
- Taylor, P.A. and H.W. Teunissen (1987). The Askervein Hill Project: Overview and background data. *Boundary-Layer Meteorol.* **39**, 15–39.
- Taylor, P.A., J.L. Walmsley and J.R. Salmon (1983). A simple model of neutrally stratified boundary-layer flow over real terrain incorporating wavenumber-dependent scaling. *Boundary-Layer Meteorol.* **26**, 169–189.
- Troen, I. and A.F. de Baas (1986). A spectral diagnostic model for wind flow simulation in complex terrain. Proceedings of the European Wind Energy Association Conference and Exhibition, Rome, October 7–9, 1986, 243–249.
- Walmsley, J.L., J.R. Salmon and P.A. Taylor (1982). On the application of a model of boundary-layer flow over low hills to real terrain. *Boundary-Layer Meteorol.* **23**, 17–46.
- Wegley H.L., J.V. Ramsdell, M.M. Orgill, R.L. Drake (1980). A siting handbook for small wind energy conversion systems. PNL-2521, Rev 1. Pacific Northwest Laboratory, Richland, Washington. 55 pp.
- Weibull, W. (1951). A statistical distribution function of wide applicability. *J. Appl. Mech.* **18**, 293–297.
- William-Olsson, W. (1974). A map of the relative relief of the western half of Europe, 1:4 000 000. Esselte Map Service, Stockholm.

10.2 Etudes Climatologiques du vent effectuées en Europe¹

Il existe une multitude de publications climatologiques dans tous les pays Européens; la plupart d'entre elles sont publiées dans la langue du pays producteur. On peut obtenir à partir de ces sources d'information différentes variables climatiques tels que la température, les précipitations et le rayonnement solaire. Malheureusement la climatologie du vent est souvent soit omise, soit sommairement décrite (présentation des roses de vent et moyennes mensuelles des vents mesurés). En dépit de telles insuffisances, ces publications peuvent apporter des informations supplémentaires pour compléter l'Atlas Eolien.

Les données de vent qui ne sont pas incluses dans l'Atlas, telles que les statistiques sur les vents extrêmes, peuvent être trouvées dans des publications choisies sur la climatologie du vent citées ci-dessous. La première liste, arrangée par thème, donne de courtes références par pays (les références documentaires complètes se trouvent dans la seconde liste). Dans la seconde liste, les publications sont présentées par ordre alphabétique.

¹Composé par J. Wieringa, Royal Netherlands Meteorological Institute.

Références climatologiques du vent par thème et par pays

Moyennes des vents en surface

Belgique:	Malet (1978)
Danemark:	Larsen and Jensen (1983)
France:	Duchêne-Marullaz (1977)
Allemagne (RFA):	Christoffer and Ulbricht-Eissing (1989)
Grèce:	Carapiperis (1970), Metaxas (1973), Lalas et al. (1983)
Irlande:	Rohan (1986)
Italie:	Lavagnini et al. (1982, 1983, 1985)
Pays-Bas:	Wieringa and Rijkoort (1983), Wieringa (1986)
Royaume-Uni:	Caton (1976)
Tous les pays européens:	Landsberg and Wallén (1970, 1977)

Distributions fréquentielles du vent en surface

Les distributions plus grossières que les 12 classes Beaufort ne figurent pas ici. Par ailleurs les publications concernant les paramètres de Weibull sont incluses.

Belgique:	Bodeux (1977), Malet (1978)
Danemark:	Frydendahl (1971), Petersen et al. (1981)
France:	Duchêne-Marullaz (1977) Chémery and Duchêne-Marullaz (1987)
Allemagne (RFA):	Christoffer and Ulbricht-Eissing (1989)
Grèce:	Galanis (1977), Lalas et al. (1983)
Irlande:	Butler and Farley (1973), Rohan (1986)
Italie:	Lavagnini et al. (1982, 1983, 1985)
Pays-Bas:	Wieringa and Rijkoort (1983)
Royaume-Uni:	Shellard (1968)

Autres statistiques sur le vent en surface

Danemark:	Frydendahl (1971), Larsen and Jensen (1983)
France:	Chémery and Duchêne-Marullaz (1987)
Allemagne (RFA):	Christoffer and Ulbricht-Eissing (1989)
Italie:	Lavagnini and Martorelli (1987)
Pays-Bas:	Wieringa and Rijkoort (1983)
Royaume-Uni:	Cook (1985)

Statistiques du vent pour des hauteurs supérieures

Belgique:	Van der Auwera et al. (1980)
Danemark:	Petersen et al. (1981), Larsen and Jensen (1983)
France:	Dettwiller (1969)
Allemagne (RFA):	Frankenberger (1968), Fiedler (1970) Manier and Benesch (1977), Tetzlaff et al. (1984) Christoffer and Ulbricht-Eissing (1989) Wieringa (1989)
Pays-Bas:	Wieringa (1988, 1989)

Vents extrêmes, tornades etc.

Belgique:	Sneyers and Van Diepenbeeck (1982)
Danemark:	Jensen and Franck (1970)
France:	Chémery and Duchêne-Marullaz (1987)
Allemagne (RFA):	Schmidt (1980), Schroers and Lösslein (1983) Böllmann and Jurksch (1984), Duensing et al. (1985)
Irlande:	Logue (1975), Rohan (1986)
Italie:	Palmieri and Pulcini (1979), Gaudiosi et al. (1985)
Pays-Bas:	Rijkoort (1983), Wieringa and Rijkoort (1983) Wieringa (1986)
Royaume-Uni:	Hardman et al. (1973), Meaden (1976), Cook (1985) Cook and Prior (1987)
Tous les pays européens:	Ferry Borges and Castanheta (1973), Berz (1980)

Etudes choisies avec des vents locaux

France:	Bordreuil et al. (1973), Orioux and Pouget (1984) Delaunay (1984), Delaunay and Sacré (1985) Ascensio (1985)
Allemagne (RFA):	Franken (1962), Cappel and Kalb (1976) Kalb and Schmidt (1977), Schäfer (1982), Lefebvre et al. (1983) Bätjer and Heinemann (1983), Höschele and Kalb (1988)
Grèce:	Livadas and Sahsamanogolou (1973), Lalas (1985) Katsoulis and Kambezidis (1986), Dikaiakos (1986)
Irlande:	DHI (1976)
Italie:	Bassani et al. (1986), D'Alessandro et al. (1981) Flocchini et al. (1983), Fantuzi (1987)
Pays-Bas:	Van der Hoeven (1975) Van der Hoeven and Van Vliet (1986), Oemraw (1982–1986)
Portugal:	Mendes and Coelho (1987)
Espagne:	Adell et al. (1985, 1987), Catalunya (1985)
Royaume-Uni:	Smith (1982)

Revues d'information

France: Desroziers and Vivier (1985)
Allemagne (RFA): Kant (1980)
Pays-Bas: Wieringa (1983)
Royaume-Uni: Collingbourne (1978)
Tous les pays européens: Landsberg and Wallén (1970, 1977)

Liste des publications par pays**Belgique**

- Bodeux, A. (1977). La vitesse et la direction du vent en Belgique; de windsnelheid en windrichting in België. Roy. Meteor. Inst. Publ. B 42.
- Malet, L.M. (1978). Eléments d'appréciation de l'énergie éolienne en Belgique. Roy. Meteor. Inst. Publ. B 95.
- Sneyers, R. and M. Van Diepenbeeck (1982). L'orientation des pointes maximales du vent en Belgique. Roy. Meteor. Inst. Publ. B 114.
- Van der Auwera, L., F. De Meyer and L.M. Malet (1980). The use of the Weibull three-parameter model for estimating mean wind power densities. *J. Appl. Met.* **19**, 819–825.

Danemark

- Frydendahl, K. (1971). The climate of Denmark I: Wind standard normals 1931–1960. Clim. Pap. 1, Danish Meteor. Inst., Copenhagen.
- Jensen, M. and N. Franck (1970). The climate of strong winds in Denmark. Danish Techn. Press, Copenhagen.
- Larsen, S.E. and N.O. Jensen (1983). Summary and interpretation of some Danish climate statistics. Risø-R-399. Risø National Laboratory, Denmark. 76 pp.
- Petersen, E.L., I. Troen, S. Frandsen and K. Hedegaard (1981). Windatlas for Denmark. A rational method for wind energy siting. Risø-R-428. Risø National Laboratory, Denmark. 229 pp.

France

- Ascensio, N. et al. (1985–). Eléments climatologiques concernant les côtes de la France métropolitaine. 8 volumes. Météo. Nation. Données et Statistiques 8.

- Bordreuil, C., A. Barbia and P. Conte (1973). Vents de nord-ouest et "mistral" à Marseille de 1882 à 1970. Monogr. Météo. Nation. 88.
- Chémery, L. and P. Duchêne-Marullaz (1987). Atlas climatique de la construction. Centre Sc. Techn. Bâtiment, Nantes. 182 pp.
- Delaunay, D. (1984). Cartographie régionale de l'énergie éolienne – application à la Bretagne. Centre Sc. Techn. Bâtiment, Nantes. EN-CLI 84–20.
- Delaunay, D. and C. Sacré (1985). Cartographie du potentiel éolien en zone montagneuse – application à la Corse. Centre Sc. Techn. Bâtiment, Nantes. EN-CLI 85–2.
- Desroziers, M. and J.F. Vivier (1985). Catalogue des données météo pour la France disponibles sur fichier informatisé. Météo. Nation. Mes & Obs. No 9.
- Dettwiller, J. (1969). Le vent au sommet de la Tour Eiffel. Monogr. 64, Météorologie Nationale, Boulogne-Billancourt.
- Duchêne-Marullaz, P. (1977). Distributions statistiques et cartographie des vitesses moyennes de vent en France; applications à l'énergie éolienne. Centre Sc. Techn. Bâtiment, Nantes. EN-CLI 77–1.
- Orieux, A. and E. Pouget (1984). Le mistral. Monogr. Météo. Nation. 5.
- Allemagne (RFA)**
- Böllmann, G. and G. Jurksch (1984). Ein Beitrag zur Festlegung der Grundwind- und Nennböengeschwindigkeit im Binnenland der Bundesrepublik Deutschland für die DIN-Norm 1055, Teil 4. *Meteor. Rundschau* 37, 1–10.
- Christoffer, J. and M. Ulbricht-Eissing (1989). Die bodennahen Windverhältnisse in der Bundesrepublik Deutschland, Ber. D. Wetterd. 147.
- Das Klima ausgewählter Orte der Bundesrepublik Deutschland
- Hamburg (Cappel, A. and M. Kalb (1976). Ber. D. Wetterd. 141)
 - Hannover (Kalb, M. and H. Schmidt (1977). Ber. D. Wetterd. 143)
 - München (Schäfer, P.J. (1982). Ber. D. Wetterd. 159)
 - Bremen (Bätjer, D. and H.J. Heinemann (1983). Ber. D. Wetterd. 164)
 - Karlsruhe (Höschele, K. and M. Kalb (1988). Ber. D. Wetterd. 174)
- Duensing, G., O. Höflich, L. Kaufeld, H. Schmidt, G. Olbrück and B. Brandt (1985). Meteorologische Untersuchungen über Stürme an der deutschen Nordseeküste. Seewetteramt D. Wetterd. 108.
- Fiedler, F. (1970). Klimawerte zur Temperatur- und Windschichtung in den untersten 50 m der Atmosphäre. Meteor. Inst. Univ. München Wiss. Mitt. 18.

- Franken, E. (1962). Über den Geländeeinfluss auf Windrichtung und Windgeschwindigkeit im Raum Hamburg. Seewetteramt D. Wetterd. 34.
- Frankenberger, E. (1968). Untersuchungen über Intensität, Häufigkeit und Struktur von Starkwinden über Quickborn in Holstein. *Meteor. Rundschau* 21, 65–69.
- Kant, V. (1980). Die räumliche Verteilung der Beobachtungsstationen in der Bundesrepublik Deutschland, ihre Nichtbesetzung während der Nacht sowie an Sonn- und Feiertagen, und die resultierende Problematik. *Ann. Meteor.* 16, 169–170.
- Lefebvre, C., G. Jurksch, H. Schmidt, B. Morgeneyer and M. Ulbricht-Eissing (1983). Die Verhältnisse in der Bundesrepublik Deutschland in Hinblick auf die Nützung der Windkraft (insbesondere Verbundnetzplanung). Ber. D. Wetterd. 165.
- Manier, G. and W. Benesch (1977). Häufigkeitsverteilungen der Windgeschwindigkeit bis 250 m Höhe für die Bundesrepublik Deutschland. *Meteor. Rundschau* 30, 144–152.
- Schmidt, H. (1980). Zur Extrapolation empirische Verteilungen der Windgeschwindigkeit für Standorte in Flachland und auf freier See. *Meteor. Rundschau* 33, 129–137.
- Schroers, H. and H. Lösslein (1983). Extremwertextrapolation und Windprofile bei Starkwind und Sturm. *Meteor. Rundschau* 36, 205–213.
- Tetzlaff, G., S. Theunert, A. Hoff, H. Laude, H.J. Belitz and R. Beyer (1984). Meteorologische Messungen zur Standortwahl für Windenergieanlagen im Küstengebiet. B. Min. Forsch. Tech. FB-T 84–017.

Grèce

- Carapiperis, L.N. (1970). Geographical distribution of intensity of Etesian winds in the Aegean sea. Hupom. Ethn. Asterosc. Athin. II–22.
- Dikaiakos, J.G. (1986). The law of evolution of wind speed over central Athens during the period 1908–1981. *J. Meteor.* 11, 113–116.
- Galanis, N. (1977). The production of electricity from the wind: a preliminary feasibility study for Greece. *Wind Engin.* 1, 241–249.
- Katsoulis, B.D. and H.F.D. Kambezidis (1986). Surface winds and horizontal meso-scale wind spectra in Athens, Greece. *Il Nuovo Cimento* 9 C, 1093–1109.
- Lalas, D.P., H. Tselepidaki and G. Theoharatos (1983). An analysis of wind power potential in Greece. *Solar Energy* 30, 497–505.

Lalas, D.P. (1985). Wind energy estimation and siting in complex terrain. *Internat. J. Solar Energy* **3**, 43–71.

Livadas, G.C. and C.S. Sahsamanogolou (1973). Wind in Thessaloniki, Greece. Publ. Meteor. Inst. Univ. Thessaloniki 35.

Metaxas, D.A. (1973). Air-sea-interaction in the Greek seas and resulting Etesian wind characteristics. Univ. Ioannina Dept. Phys. Math. 5.

Irlande

Butler P. and B.C. Farley (1973). Surface wind over Ireland 1961–1970. Meteor. Serv. Dublin Clim. Note 2.

Deutsche Hydrograph. Institut (1976). Handbuch für Bristol Channel und die Süd- und Westküste Irlands. Klima und Wetter, Teil B, (Naturverhältnisse), 47–75.

Logue, J.J. (1975). Extreme wind speeds in Ireland for periods ending in 1974. Meteor. Serv. Dublin Techn. Note 41.

Rohan, P.K. (1986). The climate of Ireland (2nd edition). Stationery Office, Dublin.

Italie

Bassani, S., G. Botta and R. Castagna (1986). Risultati acquisiti nella gestione della rete anemometrica attivata nell'ambito del progetto Vele. ENEL Rassegna Tecnica di Problemi dell'Energia Elettrica **3-4**, 38–67.

D'Alessandro, L., L. Davoli and A. Giallombardo (1981). Regime anemometrico del litorale tirrenico della Calabria. *Riv. Meteor. Aeron.* **41**, 137–151.

Fantuzzi, A. (1987). L'energia eolica nelle Marche. *Riv. Meteor. Aeron.* **47**, 17–26.

Flocchini, G., V. Pasquale and V. Sciarrone (1983). Wind energy conversion over the Ligurian Apennines. *Arch. Meteor. Geoph. Biokl.* **B 32**, 253–261.

Gaudiosi, G., D. Montani and L. Pirazzi (1985). Exceptional wind events in Italy. Proc. Delphi Workshop Wind Energ. Appl., Reidel, Dordrecht, 113–122.

Lavagnini, A., G. Stellato and F. Fisauli (1982). Calcolo della potenzialità eolica per 48 località italiane. *Energie Alternative* **4**, 30–39.

Lavagnini, A. and G. Stellato (1983). Rappresentazione analitica delle distribuzioni di velocità del vento. *Energie Alternative* **5**, 35–41.

Lavagnini, A., A.M. Sempreviva and G. Tosato (1985). Studio dell'errore introdotto dalla incompletezza dei dati nel calcolo dell'energia eolica. *Energie Alternative* **7**, 212–218.

Lavagnini, A. and S. Martorelli (1987). Wind persistence in 135 Italian localities. *Il Nuovo Cimento* **10 C**, 651–667.

Palmieri, S. and A. Pulcini (1979). Trombe d'aria sull'Italia. *Riv. Meteor. Aeron.* **39**, 263–277.

Pays-Bas

Oemraw, B. (1982–1986). Stationsbeschrijvingen windwaarneming
 – Schiphol, 1937–1980. Roy. Neth. Meteor. Inst. T.R. 5a (1982)
 – Leeuwarden (VB), 1949–1980. Roy. Neth. Meteor. Inst. T.R. 28 (1982)
 – Eindhoven (VB), 1949–1980. Roy. Neth. Meteor. Inst. T.R. 29 (1982)
 – Den Helder, 1843–1972, en De Kooy, 1955–1980. Roy. Neth. Meteor. Inst. T.R. 42 (1984).
 – IJmuiden, 1919–1980. Roy. Neth. Meteor. Inst. T.R. 73 (1985).
 – Eelde, 1945–1980. Roy. Neth. Meteor. Inst. T.R. 78 (1985).
 – Terschelling, 1949–1980. Roy. Neth. Meteor. Inst. T.R. 86 (1986).

Rijkoort, P.J. (1983). A compound Weibull model for the description of surface wind velocity distributions. Roy. Neth. Meteor. Inst. Sc. R. 83–13.

Van der Hoeven, P.C.T. (1975). Windmetingen in het Deltagebied. Roy. Neth. Meteor. Inst. Sc. R. 75–5.

Van der Hoeven, P.C.T. and G. Van Vliet (1986). Eindrapport Deltaonderzoek. Roy. Neth. Meteor. Inst. Publ. 169.

Wieringa, J. (1983). Overzicht van publikaties over het Nederlands windklimaat. Roy. Neth. Meteor. Inst. T.R. 41.

Wieringa, J. (1986). Roughness-dependent geographical interpolation of surface wind speed averages. *Quart. J. Roy. Met. Soc.* **112**, 867–889.

Wieringa, J. (1988). Kartering van Nederland's windklimaat boven 40 m hoogte. Proc. Nation. Wind Energy Conf., Energie Anders, Rotterdam, 102–106.

Wieringa, J. (1989). Shapes of annual frequency distributions of wind speed observed on high meteorological masts. *Boundary-Layer Meteorol.* **47**, 85–110.

Wieringa, J. and P.J. Rijkoort (1983). Windklimaat van Nederland. Publ. Staatsuitgeverij, Den Haag. 263 pp.

Portugal

Mendes, J.C., Coelho, M.F. (1987). Potencialidades da energia eólica. I: Vila do Bispo. II: Aljezur. Monogr. Meteor. Geof., Serv. Meteor. Lisboa, 1 & 2.

Espagne

Adell, L., R. Zubiaur and P. Moreno (1985). Estudio del potencial eólico en Asturias. *Bol. Cien. Nat. IDEA* **35**, 3–26.

Adell, L., R. Zubiaur, F. Martín, F. Ferrando, P. Moreno, L. Varona and A. Pantoja (1987). Development of a methodology for the estimation of wind energy resources in relatively large areas: application to the eastern and central parts of Spain. *Solar Energy* **38**, 281–295.

Catalunya, Atlas éolic – resultas del primer anyo (Octubre 84 a Novembre 85). Dir. Gen. Energia, Barcelona. ISBN 84–393–0766–7.

Royaume-Uni

Caton, P.G.F. (1976). Maps of hourly wind speed over the United Kingdom 1965–1973. Met. Off. Clim. Memo 79.

Collingbourne, R.H. (1978). Wind data available in the Meteorological Office. *J. Industr. Aerodyn.* **3**, 145–155.

Cook, N.J. (1985a). The assessment of design wind speed data: manual worksheets with ready-reckoner tables. Rep. Build. Res. Est., Garston, Watford. ISBN 0 85 125 1765.

Cook, N.J. (1985b). The designer's guide to wind loading of building structures. Part 1: Background, damage survey, wind data and structural classification. Rep. Build. Res. Est., Garston, Watford. Butterworths, U.K.

Cook, N.J. and M.J. Prior (1987). Extreme wind climate of the United Kingdom. *J. Wind Engin. Industrial Aerodyn.* **26**, 371–389.

Hardman, C.E., N.C. Helliwell and J.S. Hopkins (1973). Extreme wind speed over the United Kingdom for periods ending 1971. Met. Off. Clim. Memo 50A.

Meaden, G.T. (1976). Tornadoes in Britain: their intensities and distribution in space and time. *J. Meteor.* **1**, 242–251.

Shellard, H.C. (1968). Tables of surface wind speed and direction over the United Kingdom for 1950–1959. HMSO Met. Off. 792.

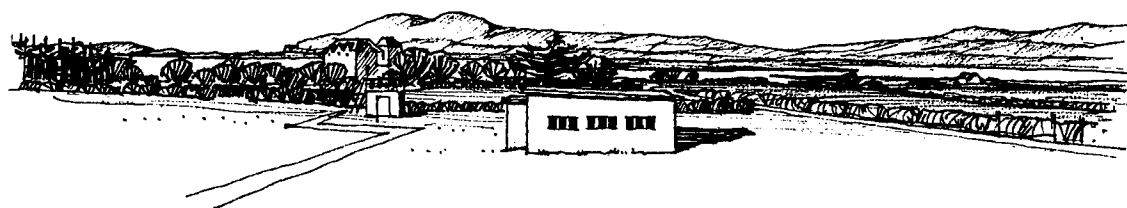
Smith, S.G. (1982). An index of windiness for the United Kingdom. *Meteor. Mag.* **111**, 232–247.

Tous les pays européens

Berz, G. (1980). Das Trombenrisiko in Europa nach Untersuchungen Alfred Wegeners. *Ann. Meteor.* **15**, 74–76.

Ferry Borges, J. and M. Castanheta (1973). Wind in Western Europe. Lab. Noc. Eng. Civ. Lisboa Proc. 34/13/4047.

Landsberg, H.E. and C.C. Wallén (editors). World Survey of Climatology. Elsevier, Amsterdam. Vol. 5 (1970). Climates of Northern and Western Europe. 253 pp. Vol. 6 (1977). Climates of Central and Southern Europe. 248 pp.



Views from the Valentia Observatory, Ireland

Annexe A

Liste des symboles

Un vecteur est noté ' \vec{x} ', l'apostrophe ' x' ' représente la fluctuation par rapport à la moyenne et la barre ' \bar{x} ' représente la valeur moyenne. Quelques abréviations utilisées dans le texte sont également incluses.

a	pente des fonctions ψ en régime neutre
A	paramètre d'échelle de la distribution de Weibull, constante empirique dans la loi de frottement géostrophique ($= A(0)$)
$A(\mu)$	fonction empirique dans la loi de frottement géostrophique
A_H	surface horizontale d'un élément rugueux
A_R	surface du rotor, surface de balayage
b	constante
B	constante empirique dans la loi de frottement géostrophique ($= B(0)$)
$B(\mu)$	fonction empirique dans la loi de frottement géostrophique
c	constante, largeur de la zone côtière
c_p	chaleur spécifique de l'air à pression constante
c_j^n	jème racine de la fonction de Bessel d'ordre n ($J_n(c_j^n) = 0$)
$C_p(u)$	efficacité pour une vitesse de vent u
$C_p(u_m)$	efficacité maximale
C, Cor	facteur de correction
D	direction, distance, angle de rotation du vent
E	longitude Est, coordonnées UTM Est
E	densité de puissance moyenne disponible (flux d'énergie)
$E(u)$	densité de puissance moyenne disponible à une vitesse de vent u
$\exp(x)$	fonction exponentielle
f	paramètre de Coriolis, fréquence d'occurrence
f_E	facteur de conversion pour la densité d'énergie

f_u	facteur de conversion pour la vitesse du vent
$f(u)$	distribution de Weibull (fonction de densité de probabilité)
$f(z)$	fonction de profil de vitesse de vent
F	facteur de forme
$F(u)$	distribution de Weibull (fonction de probabilités cumulées)
$F_A(k)$	fonction tabulée en Annexe B, Table B.6
$F_E(k)$	fonction tabulée en Annexe B, Table B.2
$F_k(M^2/\overline{u^2})$	fonction tabulée en Annexe B, Table B.5
$F_M(k)$	fonction tabulée en Annexe B, Table B.3
$F_u(k)$	fonction tabulée en Annexe B, Table B.4
g	accélération de la gravité
G	vitesse du vent géostrophique
$G_k(\alpha)$	fonction tabulée en Annexe B, Table B.7
GMT	Temps Moyen du méridien de Greenwich
h	hauteur d'un élément rugueux, d'un obstacle, d'une colline ou de la couche limite interne
H	hauteur, hauteur du pylône de l'aérogénérateur
H_0	flux de chaleur de surface
i	index, unité imaginaire, intensité de la turbulence
IBL (CLI)	"Internal boundary layer" – Couche limite Interne
j	index
J_n	fonction de Bessel d'ordre n
k	paramètre de forme de la distribution de Weibull, index
K	coefficient
ℓ	distance, hauteur du maximum de survitesse relative
L	distance, longueur, demi-largeur de la colline, longueur de Monin-Obukhov
$\ln(x)$	fonction logarithme naturel
m	constante
M	valeur moyenne
m a.s.	mètres au-dessus du sol (hauteur)
m a.n.m.	mètres au-dessus du niveau de la mer (altitude)
$\max(x, y)$	valeur maximum de x et y
$\min(x, y)$	valeur minimum de x et y
n	index
N	latitude Nord, coordonnée UTM Nord
P	puissance moyenne (moyenne à long terme), porosité de l'obstacle

P_{max}	puissance nominale
$P(u)$	puissance moyenne à la vitesse du vent u
Pr	probabilité
$Pr(u)$	fonction de densité de probabilité
r	index, rayon
rms	moyenne quadratique
rpm	rotations par minute
R	rayon
R_1, R_2	facteurs de réduction des effets d'obstacle
Ro	nombre de Rossby de surface
s	index, pente de la courbe de puissance
S	écart-type, section normale
t	temps
T	période de temps, température absolue
T_0	température absolue de surface
u	vitesse de vent, composante horizontale de la vitesse du vent (axe des x)
\vec{u}	vecteur vitesse du vent
u_m	vitesse de vent à laquelle l'efficacité de l'aérogénérateur est maximum
u_p	vitesse de vent correspondant à la puissance P
u_0	vitesse de vent de référence
u_*	vitesse de frottement
u_{*0}	vitesse de frottement de surface
$u(z)$	vitesse de vent à la hauteur z
$\overline{u^2}$	moyenne du carré de la vitesse du vent
UTC	"Coordinated Universal Time", Temps Universel (équivalent à GMT ou TU)
UTM	"Universal Transverse Mercator" (projection géographique)
v	composante horizontale de la vitesse du vent (axe des y)
w	facteur de pondération, vitesse verticale du vent (axe des z)
w_0	vitesse verticale induite par la topographie
W	longitude Ouest
W	facteur de pondération
x	distance
z	hauteur au-dessus du sol
z_m	hauteur du minimum de variance de la vitesse du vent
z_0	longueur de rugosité

z_0^R	longueur de rugosité pondérée par la surface
α	vitesse du vent divisé par A , angle, constante
β	constante
$\gamma(x, y)$	fonction gamma incomplète
$\Gamma(x)$	fonction gamma
Δ	opérateur de différence, erreur relative, facteur de pondération, saut
ΔS	survitesse relative ($\Delta S = (u_2 - u_1)/u_1$)
ΔS_H	survitesse relative à la hauteur H
∇	opérateur de gradient
η	constante, fonction
θ	angle de calage de l'extrémité de pale
κ	constante de von Kármán ($= 0.4$)
λ	longitude
μ	paramètre de stabilité
ν	viscosité cinématique
ρ	densité de l'air
σ	écart-type
τ	contrainte de surface
ϕ	latitude, angle, azimuth
χ	potentiel de vitesse
ψ	fonction empirique de stabilité dans le profil de vitesse de vent

Annexe B

Tables auxiliaires

Tableau B.1: densité de l'air ρ [kg m^{-3}] en fonction de l'altitude z [m] et de la température moyenne (-25 à 40°C). On suppose un gradient de 6.5 K km^{-1} et une pression au niveau de la mer de 1013.25 mb .

z	-5	0	5	10	15	20	25	30	35	40
0	1.316	1.292	1.269	1.247	1.225	1.204	1.184	1.164	1.145	1.127
100	1.300	1.276	1.254	1.232	1.211	1.190	1.170	1.151	1.133	1.115
200	1.283	1.260	1.238	1.217	1.196	1.176	1.157	1.138	1.120	1.103
300	1.267	1.245	1.223	1.202	1.182	1.163	1.144	1.126	1.108	1.091
400	1.251	1.230	1.208	1.188	1.169	1.150	1.131	1.113	1.096	1.079

z	-10	-5	0	5	10	15	20	25	30	35
500	1.258	1.236	1.214	1.194	1.174	1.155	1.136	1.118	1.101	1.084
600	1.242	1.220	1.199	1.179	1.160	1.141	1.123	1.106	1.089	1.072
700	1.226	1.205	1.185	1.165	1.146	1.128	1.110	1.093	1.077	1.061
800	1.210	1.190	1.170	1.151	1.133	1.115	1.098	1.081	1.065	1.049
900	1.195	1.175	1.156	1.138	1.120	1.102	1.085	1.069	1.053	1.038

z	-15	-10	-5	0	5	10	15	20	25	30
1000	1.200	1.180	1.161	1.142	1.124	1.106	1.089	1.073	1.057	1.042
1100	1.184	1.165	1.146	1.128	1.111	1.094	1.077	1.061	1.045	1.030
1200	1.169	1.151	1.132	1.115	1.097	1.081	1.065	1.049	1.034	1.019
1300	1.154	1.136	1.118	1.101	1.084	1.068	1.052	1.037	1.022	1.008
1400	1.140	1.122	1.105	1.088	1.072	1.056	1.040	1.025	1.011	0.997

z	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15	20	25
1500	1.143	1.125	1.108	1.091	1.075	1.059	1.043	1.028	1.014	1.000
1600	1.128	1.111	1.094	1.078	1.062	1.046	1.031	1.017	1.003	0.989
1700	1.114	1.097	1.081	1.065	1.049	1.034	1.019	1.005	0.991	0.978
1800	1.100	1.083	1.067	1.052	1.037	1.022	1.008	0.994	0.980	0.967
1900	1.086	1.070	1.054	1.039	1.024	1.010	0.996	0.983	0.969	0.957

z	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15	20
2000	1.088	1.072	1.056	1.041	1.026	1.012	0.998	0.985	0.971	0.959
2100	1.074	1.058	1.043	1.028	1.014	1.000	0.987	0.973	0.961	0.948
2200	1.060	1.045	1.030	1.016	1.002	0.988	0.975	0.962	0.950	0.938
2300	1.046	1.031	1.017	1.003	0.990	0.977	0.964	0.951	0.939	0.927
2400	1.033	1.018	1.005	0.991	0.978	0.965	0.953	0.941	0.929	0.917

Tableau B.2: Table de $F_E(k)$.

Table pour le calcul de la densité de puissance totale du vent à partir des paramètres de Weibull A et k (équation 5.4). La valeur de $F_E(k)$ est prise à partir de l'entrée de la table correspondant à la valeur de k . Utiliser la ligne pour entrer les deux premiers digits de k et la colonne pour le troisième digit de k . En supposant une densité de l'air de 1.225 kg m^{-3} , la densité de puissance en $[\text{kWh m}^{-2} \text{ y}^{-1}]$ est égale à $E = A^3 F_E(k)$.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.0	32.220	31.044	29.940	28.902	27.926	27.006	26.139	25.321	24.547	23.816
1.1	23.123	22.467	21.845	21.254	20.692	20.159	19.651	19.167	18.706	18.266
1.2	17.846	17.445	17.062	16.696	16.345	16.009	15.687	15.379	15.082	14.798
1.3	14.525	14.263	14.011	13.768	13.535	13.310	13.093	12.885	12.683	12.489
1.4	12.302	12.121	11.946	11.777	11.614	11.456	11.304	11.156	11.013	10.874
1.5	10.740	10.610	10.484	10.361	10.243	10.128	10.016	9.907	9.802	9.699
1.6	9.600	9.503	9.409	9.318	9.229	9.142	9.058	8.976	8.896	8.818
1.7	8.742	8.668	8.596	8.526	8.457	8.390	8.325	8.261	8.199	8.139
1.8	8.080	8.022	7.965	7.910	7.856	7.804	7.752	7.702	7.653	7.604
1.9	7.557	7.511	7.466	7.422	7.379	7.337	7.296	7.255	7.215	7.177
2.0	7.139	7.101	7.065	7.029	6.994	6.960	6.926	6.893	6.860	6.829
2.1	6.797	6.767	6.737	6.707	6.679	6.650	6.622	6.595	6.568	6.542
2.2	6.516	6.491	6.466	6.441	6.417	6.394	6.370	6.348	6.325	6.303
2.3	6.282	6.260	6.239	6.219	6.199	6.179	6.159	6.140	6.121	6.102
2.4	6.084	6.066	6.049	6.031	6.014	5.997	5.980	5.964	5.948	5.932
2.5	5.917	5.901	5.886	5.871	5.857	5.842	5.828	5.814	5.800	5.787
2.6	5.773	5.760	5.747	5.735	5.722	5.710	5.697	5.685	5.673	5.662
2.7	5.650	5.639	5.628	5.617	5.606	5.595	5.584	5.574	5.564	5.554
2.8	5.544	5.534	5.524	5.514	5.505	5.496	5.486	5.477	5.468	5.460
2.9	5.451	5.442	5.434	5.425	5.417	5.409	5.401	5.393	5.385	5.378
3.0	5.370	5.362	5.355	5.348	5.340	5.333	5.326	5.319	5.312	5.306
3.1	5.299	5.292	5.286	5.279	5.273	5.267	5.261	5.255	5.248	5.243
3.2	5.237	5.231	5.225	5.219	5.214	5.208	5.203	5.197	5.192	5.187
3.3	5.182	5.176	5.171	5.166	5.161	5.156	5.152	5.147	5.142	5.137
3.4	5.133	5.128	5.124	5.119	5.115	5.111	5.106	5.102	5.098	5.094
3.5	5.090	5.086	5.082	5.078	5.074	5.070	5.066	5.062	5.059	5.055
3.6	5.051	5.048	5.044	5.041	5.037	5.034	5.030	5.027	5.024	5.020
3.7	5.017	5.014	5.011	5.008	5.005	5.002	4.998	4.995	4.993	4.990
3.8	4.987	4.984	4.981	4.978	4.976	4.973	4.970	4.967	4.965	4.962
3.9	4.960	4.957	4.955	4.952	4.950	4.947	4.945	4.942	4.940	4.938

Tableau B.3: Table de $F_M(k)$.

Table pour le calcul de la valeur moyenne à partir des paramètres de Weibull A et k (équation 5.7). La valeur de $F_M(k) = \Gamma(1 + 1/k)$ est prise à partir de l'entrée de la table correspondant à la valeur de k . Utiliser la ligne pour entrer les deux premiers digits de k et la colonne pour le troisième digit de k . La valeur moyenne en $[m\ s^{-1}]$ est donc $M = AF_M(k)$. Noter que la valeur de $F_M(k)$ varie faiblement; on prend généralement la valeur de 0.888.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.0	1.000	0.996	0.992	0.988	0.984	0.981	0.977	0.974	0.971	0.968
1.1	0.965	0.962	0.959	0.957	0.954	0.952	0.949	0.947	0.945	0.943
1.2	0.941	0.939	0.937	0.935	0.933	0.931	0.930	0.928	0.927	0.925
1.3	0.924	0.922	0.921	0.919	0.918	0.917	0.916	0.915	0.914	0.912
1.4	0.911	0.910	0.909	0.909	0.908	0.907	0.906	0.905	0.904	0.903
1.5	0.903	0.902	0.901	0.901	0.900	0.899	0.899	0.898	0.898	0.897
1.6	0.897	0.896	0.896	0.895	0.895	0.894	0.894	0.893	0.893	0.893
1.7	0.892	0.892	0.892	0.891	0.891	0.891	0.890	0.890	0.890	0.890
1.8	0.889	0.889	0.889	0.889	0.888	0.888	0.888	0.888	0.888	0.888
1.9	0.887	0.887	0.887	0.887	0.887	0.887	0.887	0.886	0.886	0.886
2.0	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886
2.1	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886
2.2	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886
2.3	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886
2.4	0.886	0.887	0.887	0.887	0.887	0.887	0.887	0.887	0.887	0.887
2.5	0.887	0.887	0.887	0.888	0.888	0.888	0.888	0.888	0.888	0.888
2.6	0.888	0.888	0.888	0.889	0.889	0.889	0.889	0.889	0.889	0.889
2.7	0.889	0.889	0.890	0.890	0.890	0.890	0.890	0.890	0.890	0.890
2.8	0.890	0.891	0.891	0.891	0.891	0.891	0.891	0.891	0.891	0.892
2.9	0.892	0.892	0.892	0.892	0.892	0.892	0.892	0.893	0.893	0.893
3.0	0.893	0.893	0.893	0.893	0.894	0.894	0.894	0.894	0.894	0.894
3.1	0.894	0.894	0.895	0.895	0.895	0.895	0.895	0.895	0.895	0.896
3.2	0.896	0.896	0.896	0.896	0.896	0.896	0.896	0.897	0.897	0.897
3.3	0.897	0.897	0.897	0.897	0.898	0.898	0.898	0.898	0.898	0.898
3.4	0.898	0.899	0.899	0.899	0.899	0.899	0.899	0.899	0.899	0.900
3.5	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.901	0.901	0.901	0.901
3.6	0.901	0.901	0.901	0.902	0.902	0.902	0.902	0.902	0.902	0.902
3.7	0.902	0.903	0.903	0.903	0.903	0.903	0.903	0.903	0.904	0.904
3.8	0.904	0.904	0.904	0.904	0.904	0.904	0.905	0.905	0.905	0.905
3.9	0.905	0.905	0.905	0.905	0.906	0.906	0.906	0.906	0.906	0.906

Tableau B.4: Table de $F_u(k)$.

Table pour le calcul de la moyenne du carré de la vitesse à partir des paramètres de Weibull A et k (équation 5.7). La valeur de $F_u(k) = \Gamma(1 + 2/k)$ est prise dans la table à l'entrée correspondant à la valeur de k . Utiliser la ligne pour les deux premiers digits de k et la colonne pour le troisième digit de k . La valeur moyenne du carré en $[m^2s^{-2}]$ est donc $\bar{u}^2 = A^2 F_u(k)$.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.0	2.000	1.964	1.930	1.897	1.865	1.835	1.806	1.779	1.752	1.727
1.1	1.702	1.679	1.657	1.635	1.614	1.594	1.575	1.556	1.538	1.521
1.2	1.505	1.489	1.473	1.458	1.444	1.430	1.416	1.403	1.390	1.378
1.3	1.366	1.355	1.344	1.333	1.322	1.312	1.302	1.293	1.284	1.275
1.4	1.266	1.257	1.249	1.241	1.233	1.226	1.218	1.211	1.204	1.197
1.5	1.191	1.184	1.178	1.172	1.166	1.160	1.154	1.149	1.143	1.138
1.6	1.133	1.128	1.123	1.118	1.114	1.109	1.105	1.100	1.096	1.092
1.7	1.088	1.084	1.080	1.076	1.073	1.069	1.066	1.062	1.059	1.055
1.8	1.052	1.049	1.046	1.043	1.040	1.037	1.034	1.031	1.029	1.026
1.9	1.023	1.021	1.018	1.016	1.013	1.011	1.009	1.007	1.004	1.002
2.0	1.000	0.998	0.996	0.994	0.992	0.990	0.988	0.986	0.984	0.983
2.1	0.981	0.979	0.977	0.976	0.974	0.972	0.971	0.969	0.968	0.966
2.2	0.965	0.963	0.962	0.961	0.959	0.958	0.957	0.955	0.954	0.953
2.3	0.952	0.951	0.949	0.948	0.947	0.946	0.945	0.944	0.943	0.942
2.4	0.941	0.940	0.939	0.938	0.937	0.936	0.935	0.934	0.933	0.932
2.5	0.931	0.931	0.930	0.929	0.928	0.927	0.927	0.926	0.925	0.924
2.6	0.924	0.923	0.922	0.921	0.921	0.920	0.919	0.919	0.918	0.918
2.7	0.917	0.916	0.916	0.915	0.915	0.914	0.914	0.913	0.912	0.912
2.8	0.911	0.911	0.910	0.910	0.909	0.909	0.909	0.908	0.908	0.907
2.9	0.907	0.906	0.906	0.905	0.905	0.905	0.904	0.904	0.903	0.903
3.0	0.903	0.902	0.902	0.902	0.901	0.901	0.901	0.900	0.900	0.900
3.1	0.899	0.899	0.899	0.898	0.898	0.898	0.898	0.897	0.897	0.897
3.2	0.897	0.896	0.896	0.896	0.896	0.895	0.895	0.895	0.895	0.894
3.3	0.894	0.894	0.894	0.894	0.893	0.893	0.893	0.893	0.893	0.892
3.4	0.892	0.892	0.892	0.892	0.892	0.891	0.891	0.891	0.891	0.891
3.5	0.891	0.890	0.890	0.890	0.890	0.890	0.890	0.890	0.890	0.889
3.6	0.889	0.889	0.889	0.889	0.889	0.889	0.889	0.889	0.888	0.888
3.7	0.888	0.888	0.888	0.888	0.888	0.888	0.888	0.888	0.888	0.887
3.8	0.887	0.887	0.887	0.887	0.887	0.887	0.887	0.887	0.887	0.887
3.9	0.887	0.887	0.887	0.887	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886

Tableau B.5: Table de F_k .

Table de F_k pour le calcul du paramètre de Weibull k à partir de la moyenne et de la moyenne du carré dans la distribution de Weibull (équation 5.9). Utiliser la ligne pour les deux premiers digits de la valeur de $M^2/\overline{u^2}$ et la colonne pour le troisième digit pour obtenir k .

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0.60	1.232	1.232	1.236	1.240	1.244	1.244	1.248	1.252	1.252	1.256
0.61	1.260	1.264	1.264	1.268	1.271	1.271	1.275	1.279	1.283	1.283
0.62	1.287	1.291	1.295	1.295	1.299	1.303	1.307	1.307	1.311	1.314
0.63	1.318	1.318	1.322	1.326	1.330	1.334	1.334	1.338	1.342	1.346
0.64	1.346	1.350	1.354	1.357	1.361	1.365	1.365	1.369	1.373	1.377
0.65	1.381	1.381	1.385	1.389	1.393	1.396	1.400	1.404	1.404	1.408
0.66	1.412	1.416	1.420	1.424	1.428	1.432	1.432	1.436	1.439	1.443
0.67	1.447	1.451	1.455	1.459	1.463	1.467	1.467	1.471	1.475	1.479
0.68	1.482	1.486	1.490	1.494	1.498	1.502	1.506	1.510	1.514	1.518
0.69	1.521	1.525	1.529	1.533	1.537	1.541	1.545	1.549	1.553	1.557
0.70	1.561	1.564	1.568	1.572	1.576	1.580	1.584	1.588	1.592	1.600
0.71	1.604	1.607	1.611	1.615	1.619	1.623	1.627	1.631	1.639	1.643
0.72	1.646	1.650	1.654	1.658	1.662	1.670	1.674	1.678	1.682	1.686
0.73	1.693	1.697	1.701	1.705	1.709	1.717	1.721	1.725	1.729	1.736
0.74	1.740	1.744	1.752	1.756	1.760	1.764	1.771	1.775	1.779	1.787
0.75	1.791	1.795	1.803	1.807	1.814	1.818	1.822	1.830	1.834	1.842
0.76	1.846	1.850	1.857	1.861	1.869	1.873	1.881	1.885	1.893	1.896
0.77	1.904	1.908	1.916	1.920	1.928	1.936	1.939	1.947	1.951	1.959
0.78	1.967	1.971	1.979	1.982	1.990	1.998	2.006	2.010	2.018	2.025
0.79	2.029	2.037	2.045	2.053	2.057	2.064	2.072	2.080	2.088	2.096
0.80	2.100	2.107	2.115	2.123	2.131	2.139	2.146	2.154	2.162	2.170
0.81	2.178	2.186	2.193	2.201	2.209	2.217	2.225	2.232	2.244	2.252
0.82	2.260	2.268	2.275	2.287	2.295	2.303	2.311	2.322	2.330	2.338
0.83	2.350	2.357	2.365	2.377	2.385	2.396	2.404	2.416	2.424	2.436
0.84	2.447	2.455	2.467	2.475	2.486	2.498	2.510	2.518	2.529	2.541
0.85	2.553	2.564	2.576	2.588	2.600	2.611	2.623	2.635	2.646	2.658
0.86	2.670	2.682	2.693	2.709	2.721	2.732	2.748	2.760	2.771	2.787
0.87	2.799	2.814	2.830	2.842	2.857	2.873	2.885	2.900	2.916	2.932
0.88	2.947	2.963	2.979	2.994	3.010	3.029	3.045	3.061	3.080	3.096
0.89	3.115	3.131	3.150	3.166	3.186	3.205	3.225	3.244	3.264	3.283
0.90	3.303	3.322	3.346	3.365	3.389	3.408	3.432	3.455	3.479	3.502

Tableau B.6: Table de $F_A(k)$.

Table pour le calcul du paramètre A de Weibull à partir de la moyenne et de la moyenne du carré (Eq. 5.9). La valeur de $F_A(k) = 1/\Gamma(1 + 1/k)$ est prise à l'entrée de la table correspondant à la valeur de k . Utiliser la ligne pour les deux premiers digits de k et la colonne pour le troisième digit. Le paramètre A de Weibull en $[m s^{-1}]$ est alors donné par $A = \bar{u}F_A(k)$. Noter que la valeur de $F_A(k)$ varie faiblement; on prend généralement la valeur de 1.126.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.0	1.000	1.004	1.008	1.012	1.016	1.020	1.023	1.027	1.030	1.033
1.1	1.036	1.039	1.042	1.045	1.048	1.051	1.053	1.056	1.058	1.061
1.2	1.063	1.065	1.068	1.070	1.072	1.074	1.076	1.077	1.079	1.081
1.3	1.083	1.084	1.086	1.088	1.089	1.091	1.092	1.093	1.095	1.096
1.4	1.097	1.098	1.100	1.101	1.102	1.103	1.104	1.105	1.106	1.107
1.5	1.108	1.109	1.109	1.110	1.111	1.112	1.113	1.113	1.114	1.115
1.6	1.115	1.116	1.117	1.117	1.118	1.118	1.119	1.119	1.120	1.120
1.7	1.121	1.121	1.122	1.122	1.122	1.123	1.123	1.124	1.124	1.124
1.8	1.124	1.125	1.125	1.125	1.126	1.126	1.126	1.126	1.127	1.127
1.9	1.127	1.127	1.127	1.127	1.128	1.128	1.128	1.128	1.128	1.128
2.0	1.128	1.128	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129
2.1	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129
2.2	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129
2.3	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.128	1.128	1.128	1.128	1.128
2.4	1.128	1.128	1.128	1.128	1.128	1.128	1.127	1.127	1.127	1.127
2.5	1.127	1.127	1.127	1.127	1.127	1.126	1.126	1.126	1.126	1.126
2.6	1.126	1.126	1.126	1.125	1.125	1.125	1.125	1.125	1.125	1.125
2.7	1.125	1.124	1.124	1.124	1.124	1.124	1.124	1.123	1.123	1.123
2.8	1.123	1.123	1.123	1.123	1.122	1.122	1.122	1.122	1.122	1.122
2.9	1.121	1.121	1.121	1.121	1.121	1.121	1.120	1.120	1.120	1.120
3.0	1.120	1.120	1.120	1.119	1.119	1.119	1.119	1.119	1.119	1.118
3.1	1.118	1.118	1.118	1.118	1.118	1.117	1.117	1.117	1.117	1.117
3.2	1.117	1.116	1.116	1.116	1.116	1.116	1.115	1.115	1.115	1.115
3.3	1.115	1.115	1.114	1.114	1.114	1.114	1.114	1.114	1.113	1.113
3.4	1.113	1.113	1.113	1.113	1.112	1.112	1.112	1.112	1.112	1.112
3.5	1.111	1.111	1.111	1.111	1.111	1.111	1.110	1.110	1.110	1.110
3.6	1.110	1.110	1.109	1.109	1.109	1.109	1.109	1.109	1.108	1.108
3.7	1.108	1.108	1.108	1.108	1.107	1.107	1.107	1.107	1.107	1.107
3.8	1.106	1.106	1.106	1.106	1.106	1.106	1.105	1.105	1.105	1.105
3.9	1.105	1.105	1.105	1.104	1.104	1.104	1.104	1.104	1.104	1.103

Tableau B.7: Table de $G_k(\alpha)$.

Table pour le calcul de la puissance moyenne (équation 6.4). La valeur de $G_k(\alpha) = 1/k \cdot \gamma(1/k, \alpha^k)$ correspond aux valeurs de α et k . Utiliser la ligne pour la valeur de α et la colonne pour la valeur de k .

	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.05	0.049	0.049	0.049	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050
0.10	0.095	0.096	0.097	0.098	0.098	0.099	0.099	0.099	0.099	0.100	0.100
0.15	0.139	0.141	0.143	0.145	0.146	0.147	0.147	0.148	0.148	0.149	0.149
0.20	0.181	0.185	0.187	0.190	0.192	0.193	0.194	0.195	0.196	0.197	0.197
0.25	0.221	0.226	0.230	0.233	0.236	0.238	0.240	0.241	0.243	0.244	0.245
0.30	0.259	0.265	0.270	0.274	0.278	0.281	0.284	0.286	0.288	0.290	0.291
0.35	0.295	0.303	0.309	0.314	0.319	0.323	0.326	0.329	0.332	0.334	0.336
0.40	0.330	0.338	0.345	0.352	0.358	0.363	0.367	0.371	0.374	0.377	0.380
0.45	0.362	0.372	0.380	0.388	0.395	0.400	0.406	0.410	0.414	0.418	0.421
0.50	0.393	0.404	0.414	0.422	0.430	0.436	0.443	0.448	0.453	0.457	0.461
0.55	0.423	0.435	0.445	0.455	0.463	0.471	0.478	0.484	0.489	0.495	0.499
0.60	0.451	0.464	0.475	0.485	0.495	0.503	0.511	0.518	0.524	0.530	0.535
0.65	0.478	0.491	0.503	0.514	0.524	0.533	0.542	0.550	0.557	0.563	0.569
0.70	0.503	0.517	0.530	0.542	0.552	0.562	0.571	0.579	0.587	0.594	0.601
0.75	0.528	0.542	0.555	0.568	0.579	0.589	0.599	0.608	0.616	0.623	0.630
0.80	0.551	0.566	0.579	0.592	0.604	0.614	0.624	0.634	0.642	0.650	0.658
0.85	0.573	0.588	0.602	0.615	0.627	0.638	0.648	0.658	0.667	0.675	0.683
0.90	0.593	0.609	0.623	0.637	0.649	0.660	0.671	0.681	0.690	0.698	0.706
0.95	0.613	0.629	0.643	0.657	0.669	0.681	0.691	0.701	0.711	0.719	0.727
1.00	0.632	0.648	0.662	0.676	0.688	0.700	0.711	0.721	0.730	0.739	0.747
1.05	0.650	0.666	0.680	0.694	0.706	0.718	0.728	0.738	0.747	0.756	0.764
1.10	0.667	0.683	0.697	0.710	0.723	0.734	0.744	0.754	0.763	0.772	0.780
1.15	0.683	0.699	0.713	0.726	0.738	0.749	0.759	0.769	0.778	0.786	0.794
1.20	0.699	0.714	0.728	0.740	0.752	0.763	0.773	0.782	0.791	0.799	0.807
1.25	0.713	0.728	0.742	0.754	0.765	0.776	0.786	0.795	0.803	0.811	0.818
1.30	0.727	0.742	0.755	0.767	0.778	0.788	0.797	0.806	0.814	0.821	0.828
1.35	0.741	0.755	0.767	0.779	0.789	0.799	0.808	0.816	0.823	0.830	0.836
1.40	0.753	0.767	0.779	0.790	0.800	0.809	0.817	0.825	0.832	0.838	0.844
1.45	0.765	0.778	0.790	0.800	0.809	0.818	0.826	0.833	0.839	0.845	0.851

Tableau B.7: Table de $G_k(\alpha)$ (suite).

	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
1.50	0.777	0.789	0.800	0.809	0.818	0.826	0.833	0.840	0.846	0.851	0.856
1.55	0.788	0.799	0.809	0.818	0.826	0.834	0.840	0.846	0.852	0.857	0.861
1.60	0.798	0.809	0.818	0.826	0.834	0.841	0.847	0.852	0.857	0.861	0.865
1.65	0.808	0.818	0.826	0.834	0.841	0.847	0.852	0.857	0.861	0.865	0.869
1.70	0.817	0.826	0.834	0.841	0.847	0.853	0.857	0.862	0.865	0.869	0.872
1.75	0.826	0.834	0.842	0.848	0.853	0.858	0.862	0.866	0.869	0.872	0.874
1.80	0.835	0.842	0.848	0.854	0.859	0.863	0.866	0.869	0.872	0.874	0.877
1.85	0.843	0.849	0.855	0.859	0.863	0.867	0.870	0.872	0.875	0.877	0.878
1.90	0.850	0.856	0.861	0.865	0.868	0.871	0.873	0.875	0.877	0.878	0.880
1.95	0.858	0.862	0.866	0.869	0.872	0.874	0.876	0.877	0.879	0.880	0.881
2.00	0.865	0.868	0.872	0.874	0.876	0.877	0.878	0.879	0.880	0.881	0.882
2.05	0.871	0.874	0.876	0.878	0.879	0.880	0.881	0.881	0.882	0.882	0.883
2.10	0.878	0.880	0.881	0.882	0.882	0.883	0.883	0.883	0.883	0.883	0.884
2.15	0.884	0.885	0.885	0.885	0.885	0.885	0.885	0.884	0.884	0.884	0.884
2.20	0.889	0.889	0.889	0.888	0.888	0.887	0.886	0.885	0.885	0.885	0.885
2.25	0.895	0.894	0.893	0.891	0.890	0.889	0.887	0.886	0.886	0.885	0.885
2.30	0.900	0.898	0.896	0.894	0.892	0.890	0.889	0.887	0.886	0.886	0.885
2.35	0.905	0.902	0.899	0.897	0.894	0.892	0.890	0.888	0.887	0.886	0.885
2.40	0.909	0.906	0.902	0.899	0.896	0.893	0.891	0.889	0.887	0.886	0.886
2.45	0.914	0.909	0.905	0.901	0.897	0.894	0.891	0.889	0.888	0.886	0.886
2.50	0.918	0.913	0.908	0.903	0.899	0.895	0.892	0.890	0.888	0.887	0.886
2.55	0.922	0.916	0.910	0.905	0.900	0.896	0.893	0.890	0.888	0.887	0.886
2.60	0.926	0.919	0.912	0.906	0.901	0.897	0.893	0.890	0.888	0.887	0.886
2.65	0.929	0.922	0.914	0.908	0.902	0.898	0.894	0.891	0.889	0.887	0.886
2.70	0.933	0.924	0.916	0.909	0.903	0.898	0.894	0.891	0.889	0.887	0.886
2.75	0.936	0.927	0.918	0.911	0.904	0.899	0.895	0.891	0.889	0.887	0.886
2.80	0.939	0.929	0.920	0.912	0.905	0.899	0.895	0.891	0.889	0.887	0.886
2.85	0.942	0.931	0.921	0.913	0.906	0.900	0.895	0.892	0.889	0.887	0.886
2.90	0.945	0.933	0.923	0.914	0.906	0.900	0.895	0.892	0.889	0.887	0.886
2.95	0.948	0.935	0.924	0.915	0.907	0.900	0.895	0.892	0.889	0.887	0.886
3.00	0.950	0.937	0.925	0.915	0.907	0.901	0.896	0.892	0.889	0.887	0.886
3.05	0.953	0.939	0.926	0.916	0.908	0.901	0.896	0.892	0.889	0.887	0.886
3.10	0.955	0.940	0.927	0.917	0.908	0.901	0.896	0.892	0.889	0.887	0.886
3.15	0.957	0.942	0.928	0.917	0.908	0.901	0.896	0.892	0.889	0.887	0.886
3.20	0.959	0.943	0.929	0.918	0.909	0.902	0.896	0.892	0.889	0.887	0.886
∞	1.000	0.965	0.941	0.924	0.911	0.903	0.897	0.892	0.889	0.887	0.886

Tableau B.7: Table de $G_k(\alpha)$ (suite).

	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0
0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.05	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050
0.10	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
0.15	0.149	0.149	0.149	0.149	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150
0.20	0.197	0.198	0.198	0.199	0.199	0.199	0.199	0.199	0.199	0.200	0.200
0.25	0.245	0.246	0.246	0.247	0.247	0.248	0.248	0.248	0.249	0.249	0.249
0.30	0.291	0.292	0.294	0.294	0.295	0.296	0.296	0.297	0.297	0.298	0.298
0.35	0.336	0.338	0.339	0.341	0.342	0.343	0.344	0.345	0.345	0.346	0.346
0.40	0.380	0.382	0.384	0.386	0.387	0.389	0.390	0.391	0.392	0.393	0.394
0.45	0.421	0.424	0.427	0.429	0.431	0.433	0.435	0.436	0.438	0.439	0.440
0.50	0.461	0.465	0.468	0.471	0.474	0.476	0.478	0.480	0.482	0.483	0.485
0.55	0.499	0.503	0.507	0.511	0.514	0.517	0.520	0.522	0.524	0.526	0.528
0.60	0.535	0.540	0.544	0.549	0.552	0.556	0.559	0.562	0.565	0.567	0.570
0.65	0.569	0.574	0.580	0.584	0.589	0.593	0.596	0.600	0.603	0.606	0.609
0.70	0.601	0.607	0.612	0.618	0.622	0.627	0.631	0.635	0.639	0.642	0.645
0.75	0.630	0.637	0.643	0.649	0.654	0.659	0.664	0.668	0.672	0.676	0.680
0.80	0.658	0.665	0.671	0.677	0.683	0.688	0.693	0.698	0.703	0.707	0.711
0.85	0.683	0.690	0.697	0.704	0.710	0.715	0.721	0.726	0.731	0.735	0.739
0.90	0.706	0.714	0.721	0.728	0.734	0.740	0.745	0.751	0.756	0.761	0.765
0.95	0.727	0.735	0.742	0.749	0.756	0.762	0.767	0.773	0.778	0.783	0.788
1.00	0.747	0.755	0.762	0.769	0.775	0.781	0.787	0.793	0.798	0.803	0.808
1.05	0.764	0.772	0.779	0.786	0.792	0.799	0.804	0.810	0.815	0.820	0.825
1.10	0.780	0.788	0.795	0.801	0.808	0.814	0.819	0.825	0.830	0.834	0.839
1.15	0.794	0.801	0.808	0.815	0.821	0.827	0.832	0.837	0.842	0.847	0.851
1.20	0.807	0.814	0.820	0.827	0.832	0.838	0.843	0.848	0.852	0.857	0.861
1.25	0.818	0.825	0.831	0.837	0.842	0.847	0.852	0.857	0.861	0.865	0.869
1.30	0.828	0.834	0.840	0.845	0.851	0.855	0.860	0.864	0.868	0.872	0.875
1.35	0.836	0.842	0.848	0.853	0.858	0.862	0.866	0.870	0.874	0.877	0.880
1.40	0.844	0.849	0.854	0.859	0.863	0.867	0.871	0.875	0.878	0.881	0.884
1.45	0.851	0.856	0.860	0.864	0.868	0.872	0.875	0.878	0.881	0.884	0.887

Tableau B.7: Table de $G_k(\alpha)$ (suite).

	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0
1.50	0.856	0.861	0.865	0.869	0.872	0.875	0.878	0.881	0.884	0.886	0.889
1.55	0.861	0.865	0.869	0.872	0.875	0.878	0.881	0.883	0.886	0.888	0.890
1.60	0.865	0.869	0.872	0.875	0.878	0.881	0.883	0.885	0.887	0.889	0.891
1.65	0.869	0.872	0.875	0.878	0.880	0.882	0.884	0.886	0.888	0.890	0.892
1.70	0.872	0.875	0.877	0.879	0.882	0.884	0.885	0.887	0.889	0.891	0.892
1.75	0.874	0.877	0.879	0.881	0.883	0.885	0.886	0.888	0.889	0.891	0.893
1.80	0.877	0.879	0.880	0.882	0.884	0.885	0.887	0.888	0.890	0.891	0.893
1.85	0.878	0.880	0.882	0.883	0.884	0.886	0.887	0.889	0.890	0.891	0.893
1.90	0.880	0.881	0.883	0.884	0.885	0.886	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
1.95	0.881	0.882	0.883	0.884	0.885	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
2.00	0.882	0.883	0.884	0.885	0.886	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
2.05	0.883	0.884	0.884	0.885	0.886	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
2.10	0.884	0.884	0.885	0.885	0.886	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
2.15	0.884	0.884	0.885	0.885	0.886	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
2.20	0.885	0.885	0.885	0.886	0.886	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
2.25	0.885	0.885	0.885	0.886	0.886	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
2.30	0.885	0.885	0.885	0.886	0.886	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
2.35	0.885	0.885	0.885	0.886	0.886	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
2.40	0.886	0.885	0.885	0.886	0.886	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
2.45	0.886	0.885	0.886	0.886	0.886	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
2.50	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
2.55	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
2.60	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
2.65	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
2.70	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
2.75	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
2.80	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
2.85	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
2.90	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
2.95	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
3.00	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
3.05	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
3.10	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
3.15	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
3.20	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
∞	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893

Tableau B.7: Table de $G_k(\alpha)$ (suite).

	3.0	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0
0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.05	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050
0.10	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
0.15	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150
0.20	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
0.25	0.249	0.249	0.249	0.249	0.249	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250
0.30	0.298	0.298	0.298	0.299	0.299	0.299	0.299	0.299	0.299	0.299	0.300
0.35	0.346	0.347	0.347	0.347	0.348	0.348	0.348	0.348	0.349	0.349	0.349
0.40	0.394	0.394	0.395	0.396	0.396	0.396	0.397	0.397	0.397	0.398	0.398
0.45	0.440	0.441	0.442	0.443	0.443	0.444	0.445	0.445	0.446	0.446	0.446
0.50	0.485	0.486	0.487	0.489	0.490	0.490	0.491	0.492	0.493	0.493	0.494
0.55	0.528	0.530	0.531	0.533	0.534	0.535	0.537	0.538	0.539	0.539	0.540
0.60	0.570	0.572	0.574	0.575	0.577	0.579	0.580	0.582	0.583	0.584	0.585
0.65	0.609	0.611	0.614	0.616	0.618	0.620	0.622	0.623	0.625	0.627	0.628
0.70	0.645	0.648	0.651	0.654	0.656	0.659	0.661	0.663	0.665	0.667	0.669
0.75	0.680	0.683	0.686	0.689	0.692	0.695	0.697	0.700	0.702	0.704	0.706
0.80	0.711	0.715	0.718	0.722	0.725	0.728	0.731	0.734	0.736	0.739	0.741
0.85	0.739	0.744	0.747	0.751	0.755	0.758	0.761	0.764	0.767	0.770	0.773
0.90	0.765	0.769	0.774	0.777	0.781	0.785	0.788	0.791	0.795	0.798	0.801
0.95	0.788	0.792	0.796	0.801	0.804	0.808	0.812	0.815	0.818	0.822	0.825
1.00	0.808	0.812	0.816	0.820	0.824	0.828	0.832	0.835	0.839	0.842	0.845
1.05	0.825	0.829	0.833	0.837	0.841	0.845	0.849	0.852	0.855	0.858	0.861
1.10	0.839	0.843	0.847	0.851	0.855	0.859	0.862	0.866	0.869	0.872	0.875
1.15	0.851	0.855	0.859	0.863	0.866	0.870	0.873	0.876	0.879	0.882	0.885
1.20	0.861	0.865	0.868	0.872	0.875	0.878	0.881	0.884	0.887	0.890	0.892
1.25	0.869	0.872	0.876	0.879	0.882	0.885	0.888	0.890	0.893	0.895	0.897
1.30	0.875	0.878	0.882	0.884	0.887	0.890	0.892	0.895	0.897	0.899	0.901
1.35	0.880	0.883	0.886	0.888	0.891	0.893	0.896	0.898	0.900	0.902	0.903
1.40	0.884	0.886	0.889	0.891	0.894	0.896	0.898	0.900	0.901	0.903	0.905
1.45	0.887	0.889	0.891	0.893	0.895	0.897	0.899	0.901	0.902	0.904	0.906

Tableau B.7: Table de $G_k(\alpha)$ (suite et fin).

	3.0	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0
1.50	0.889	0.891	0.893	0.895	0.897	0.898	0.900	0.902	0.903	0.905	0.906
1.55	0.890	0.892	0.894	0.896	0.897	0.899	0.900	0.902	0.903	0.905	0.906
1.60	0.891	0.893	0.895	0.896	0.898	0.899	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
1.65	0.892	0.893	0.895	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
1.70	0.892	0.894	0.895	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
1.75	0.893	0.894	0.895	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
1.80	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
1.85	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
1.90	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
1.95	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
2.00	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
2.05	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
2.10	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
2.15	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
2.20	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
2.25	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
2.30	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
2.35	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
2.40	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
2.45	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
2.50	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
2.55	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
2.60	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
2.65	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
2.70	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
2.75	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
2.80	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
2.85	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
2.90	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
2.95	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
3.00	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
3.05	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
3.10	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
3.15	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
3.20	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
∞	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906

Annexe C

Critères de sélection et questionnaire

Les critères utilisés pour la sélection des stations et des jeux de données sont présentés ci-dessous sous leur forme originale. Les annotations indiquées dans le texte par des indices supérieurs se réfèrent aux commentaires du paragraphe C.5.

C.1 Données requises

Les données d'entrée nécessaires pour l'analyse sont les séries chronologiques de la vitesse et de la direction du vent, la nébulosité et la base des nuages sur une période de 10 ans environ. Chaque Etat membre est tenu de mettre à disposition ces données pour quelques stations d'observation bien choisies. La densité des stations requise est de une à quatre stations pour 250×250 kilomètres carrés, les meilleures stations étant celles choisies sur la base des critères listés ci-dessous.

Le succès de l'analyse est lié à la qualité des données de vent qui requièrent d'abord que l'environnement de l'anémomètre soit décrit de façon uniforme pour chacun des secteurs de direction (voir ci-dessous), et qu'il n'existe pas de particularités orographiques prononcées dans les 50-100 km¹⁾.

L'expérience montre qu'une évaluation adéquate de la qualité des données d'une station quelconque nécessite un interview du personnel localement responsable de la collecte des données et de la maintenance des instruments, de préférence sur le site de mesure. Le questionnaire reproduit au paragraphe C.3 ci-dessous comporte le minimum de renseignements à demander.

C.2 Critères de sélection des sites d'observation du vent

1. Le vent aux environs de l'anémomètre ne doit pas subir d'obstruction. L'anémomètre doit être installé loin de toute distorsion de l'écoulement qui pourrait être provoqué par des arbres, des constructions et d'autres structures.

Le site doit être raisonnablement plat ou faiblement ondulé pour éviter les accélérations locales induites par le terrain.

Dans les cas où il s'avère impossible d'éviter le choix de stations pour lesquelles on suspecte des distorsions d'écoulement ou des effets d'obstacle, une description détaillée de l'implantation de l'anémomètre et de l'environnement est nécessaire (point 10 du questionnaire). Ceci s'applique généralement aux anémomètres installés sur le toit des constructions ou à une distance inférieure à 30 fois la hauteur des constructions.

2. Jusqu'à 1-2 km, le terrain devrait être décrit (pour 4-8 secteurs de direction) de préférence comme étant homogène quant à la végétation et à l'utilisation du terrain (c.a.d longueur de rugosité), à l'exception du cas où un²⁾ changement de ces paramètres est bien défini à l'intérieur de ce rayon. Dans les cas où il existe un certain nombre de terrains de caractéristiques différentes, la qualité des données est dégradée.
3. A des distances plus grandes que 2 km, ces conditions d'homogénéité du terrain deviennent moins critiques, dans la mesure où il n'existe pas de discontinuités orographiques importantes dans un rayon de 50 km environ. Si on sait que les conditions d'écoulement à l'endroit de l'anémomètre sont influencées par l'orographie locale, la station devrait être écartée³⁾ de préférence.
4. Les données doivent correspondre à des observations prises toutes les trois heures ou moins. Les données de vitesse de vent doivent être moyennées sur des périodes de 10 minutes à une heure.
5. De grandes séries des paramètres utiles (voir ci-dessous) doivent être disponibles, de préférence sur 10 ans et plus. Cependant, les données manquantes, dues par exemple aux pannes instrumentales, ne devraient pas affecter outre mesure l'analyse d'une série de bonne qualité.
La période préférentielle retenue est 1970-1981.
6. La disponibilité des observations de nébulosité ainsi que les données de vitesse et de direction du vent doivent permettre de calculer les indices de stabilité⁴⁾.

C.3 Questionnaire des sites d'observation du vent

1. Nom de la station.
2. Pays.
3. Localisation (de préférence latitude, longitude).
4. Période de mesure (date de début et date de fin).
5. La station est-elle équipée d'un système d'enregistrement automatique de la moyenne de la vitesse du vent et de sa direction? Décrire l'instrumentation. Donner une brève description des méthodes d'observation (lecture des enregistrements, etc ...).
6. Informations supplémentaires sur la station (changement des méthodes d'observation ou changement de site de mesure durant la période considérée).
7. Période sur laquelle la vitesse du vent est moyennée (minutes).

8. Intervalle d'échantillonnage de chaque paramètre (minutes).
9. Hauteur de l'anémomètre au-dessus du sol (mètres).
10. Description du site d'installation de l'anémomètre: si possible une série de photographies devrait être fournie montrant le mât météorologique et des vues de l'environnement dans toutes les directions à partir du mât. Un croquis aussi détaillé que possible de l'environnement jusqu'à 2 km du mât devrait être également fourni, comportant les constructions les plus importantes, le type de terrain (couvert végétal, forêt, etc ...). Pour les aéroports, un format adéquat est la carte d'atterrissage de l'OACI. Les caractéristiques prédominantes dans un rayon de 5 km devraient être notées. On doit aussi pouvoir disposer d'une carte⁵⁾ topographique détaillée dans un rayon de 100 km.
11. Informations supplémentaires concernant les données, leur qualité ou tout autre renseignement s'y rapportant.

C.4 Spécifications des jeux de données

1. Description écrite séparée du site de mesure conformément au questionnaire, en précisant éventuellement les facteurs de correction dus à l'exposition.
2. Bandes magnétiques contenant les séries de données des stations sélectionnées, avec les informations suivantes:

No. de la Station (entier nnn)

Date telle que année, mois, jour, heure (en heure GMT) (entier: yymmddhh)

Vitesse du vent en 0.1 m s^{-1} (entier: uuu)

Direction en degrés (entier: DDD)

Température en 0.1° Celsius (entier: $\pm TTT$)⁶⁾

Couverture nuageuse en octas (entier: N)⁶⁾

Plafond en 100-pieds (entier: CCC)⁶⁾

Facteur de correction due à l'exposition (si disponible) en pour cent (entier: EEE)⁶⁾

Les données devraient couvrir une période de 10 ans, et dans tous les cas supérieure à 3 ans. Les données devraient être fournies toutes les 3 heures et la vitesse du vent moyennée de préférence sur 10 minutes. Les données manquantes devraient être indiquées avec des *. Le format de chaque enregistrement devrait être comme suit:

yymmddhhuuuDDD \pm TTTNCCCEE

Les bandes doivent répondre aux spécifications suivantes:

800 or 1600 bpi
9 pistes
parité impaire
longueur d'enregistrement fixe (25 caractères)
taille de bloc fixe
code EBCDIC ou ASCII

C.5 Commentaires sur le questionnaire et les critères de sélection

Les changements ainsi que les amendements aux critères de sélection et au questionnaire effectués durant l'étude sont listés ci-dessous. Ces amendements sont dûs principalement à l'incorporation des stations situées en terrain complexe et au changement des modèles d'analyse de l'Atlas Eolien.

La première opération de sélection des stations a permis de dénombrier 50 stations qui obéissaient assez bien aux critères. Lors de la deuxième opération, beaucoup de stations ne répondaient plus à toutes les exigences. Quelques unes ont été choisies pour compléter la couverture en données, d'autres pour illustrer les statistiques du vent en terrain complexe ou pour tester l'applicabilité et les limitations de la méthodologie de l'Atlas.

- 1) Si des discontinuités orographiques importantes ou proches sont présentes aux alentours de la station, celle-ci est considérée comme appartenant aux types de terrain 3 à 5.
- 2) Le modèle de changement de rugosité peut éventuellement prendre en charge jusqu'à 10 changements de rugosité dans chaque secteur.
- 3) Identique à 1).
- 4) Les données de couverture nuageuse n'ont pas été utilisées dans le modèle final.
- 5) Il a été exigé que les cartes soient à l'échelle 1:25 000 ou 1:50 000.
- 6) La température, la couverture nuageuse, le plafond et le facteur de correction d'exposition n'ont pas été utilisés dans le modèle final.

Annexe D

Contenu de la disquette

Les résultats principaux de l'analyse de l'Atlas Eolien – les statistiques de vent de chaque station représentatives à l'échelle régionale – sont fournies sur un disque souple avec le document. La disquette contient les données de vitesse de vent sous forme d'histogrammes. La disquette est divisé en un certain nombre de sous-répertoires correspondant aux pays de la Communauté Européenne. Les sous-répertoires sont intitulés suivant les noms de code donnés ci-dessous:

B	Belgique	I	Italie
DK	Danemark	L	Luxembourg
F	France	NL	Pays-Bas
D	Allemagne (RFA)	P	Portugal
GR	Grèce	E	Espagne
EI	Irlande	GB	Royaume-Uni

Les statistiques des radiosondages pour tous les pays se trouvent dans un sous-répertoire séparé intitulé RS.

Le disque souple est une disquette standard, double face, haute densité (1.2 MB). Elle peut être lue par n'importe quel micro-ordinateur personnel IBM, (PC, XT ou AT) ou par un système compatible opérant avec PC-DOS ou MS-DOS ayant un lecteur de disquette à haute densité. ¹

Les données de l'Atlas Eolien sont stockées en fichiers séquentiels ASCII avec LIB comme extension aux noms de fichiers et contenant 48 lignes d'information. Le contenu d'un fichier est présenté schématiquement par la table D.1.

Les données brutes sont stockées en fichiers séquentiels ASCII avec TAB comme extension aux noms de fichiers. Le contenu d'un fichier d'histogramme est présenté dans la table D.2.

¹IBM PC, PC/XT et PC/AT, et PC-DOS sont des marques déposées de International Business Machines, MS-DOS est une marque déposée de Microsoft, Inc.

Tableau D.1: Contenu du fichier de l'Atlas Eolien. Les paramètres *A* et *k* de Weibull sont donnés pour quatre classes de rugosité, cinq hauteurs différentes et ceci pour chacun des douze secteurs de direction, de même que pour la distribution totale.

Line	Désignation
1	Chaîne de caractères identifiant le fichier/station
2	Nombre de classes de rugosité, de niveaux et de secteurs: 4 5 12
3	Les longueurs de rugosité standard: 0.0002, 0.03, 0.1 and 0.4 [m]
4	Les hauteurs standard au dessus du sol: 10, 25, 50, 100, 200 [m] a.s.
5	Les fréquences d'occurrence pour la classe de rugosité 0
6	Paramètres <i>A</i> de Weibull pour 10 m [ms^{-1}]
7	Paramètres <i>k</i> de Weibull pour 10 m
8-9	Paramètres <i>A</i> et <i>k</i> de Weibull pour 25 m
10-11	Paramètres <i>A</i> et <i>k</i> de Weibull pour 50 m
12-13	Paramètres <i>A</i> et <i>k</i> de Weibull pour 100 m
14-15	Paramètres <i>A</i> et <i>k</i> de Weibull pour 200 m
16-26	Idem lignes 5-15, mais pour la classe de rugosité 1
27-37	Idem lignes 5-15, mais pour la classe de rugosité 2
38-48	Idem lignes 5-15, mais pour la classe de rugosité 3

Tableau D.2: Contenu d'un fichier d'histogramme.

Line	Désignation
1	Chaîne de caractères identifiant le fichier histogramme
2	Latitude, longitude, et hauteur de l'anémomètre
3	Nombre de secteurs, facteur d'échelle pour la vitesse du vent, et décalage de la direction
4	Fréquences d'occurrence du vent en pour cent dans les différents secteurs
5–	Ligne 5 et plus contiennent le tableau climatologique, chaque ligne correspond à une classe de vitesse de vent. Premièrement, on donne la limite supérieure de l'intervalle de la classe de vitesse; ensuite on présente les fréquences d'occurrence de cette classe dans tous les secteurs et directions confondues. Un maximum de 50 classes de vitesse peuvent être spécifiées. Les fréquences sont normalisées par secteur.